Тема 3. *Построение трех изображении по двум данным.*

Выполнение разрезов и сечений

Задание по теме 3. Построить третье изображение на чертеже (формат А3) по заданным размерам. Вскрыть внутреннее строение детали с помощью разрезов. Построить сечение детали заданной наклонной плоскостью. Построить наглядное изображение детали в прямоугольной изометрической проекции. Варианты задания даны в приложении 6.

Порядок выполнения. Последовательность построения чертежа изложена в теме 1.

Выполнение разрезов должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.305-68. Информация на чертеже должна быть минимальной, но достаточной, то есть один и тот же элемент изображать дважды в разрезах не имеет смысла. Нанесение на чертеже линий невидимого контура допускается в редчайших случаях, причем штриховые линии и контуры не несут на чертеже метрической информации.

После решения всех вопросов на чертеже (рис. 4) в трех проекциях строится наклонное сечение детали. Компоновку чертежа на начальном этапе нужно вести с учетом размещения на рабочем поле чертежа наклонного сечения. Наклонное выносное сечение нужно заштриховать в соответствии с требованиями ГОСТ 2.306-68 [4].

На отдельном формате А3 нужно построить наглядное изображение . детали в прямоугольной изометрической проекции. Эллипсы заменить овалами (см. приложение 3). Разрез в аксонометрии не должен вскрывать полностью внутреннее строение детали, и величина выреза не должна превышать четверти объема детали. Штриховка в аксонометрии выполняется по схеме, показанной на образце (рис. 5).

Вопросы для самопроверки

1. В каком случае не обозначаются разрезы на чертежах?

2. Что такое местный разрез и в каких случаях употребляются местные разрезы?

3. Что такое сечение и какие бывают сечения?

4. Как обозначаются сечения? .

5. Какими линиями обводятся контуры сечений?

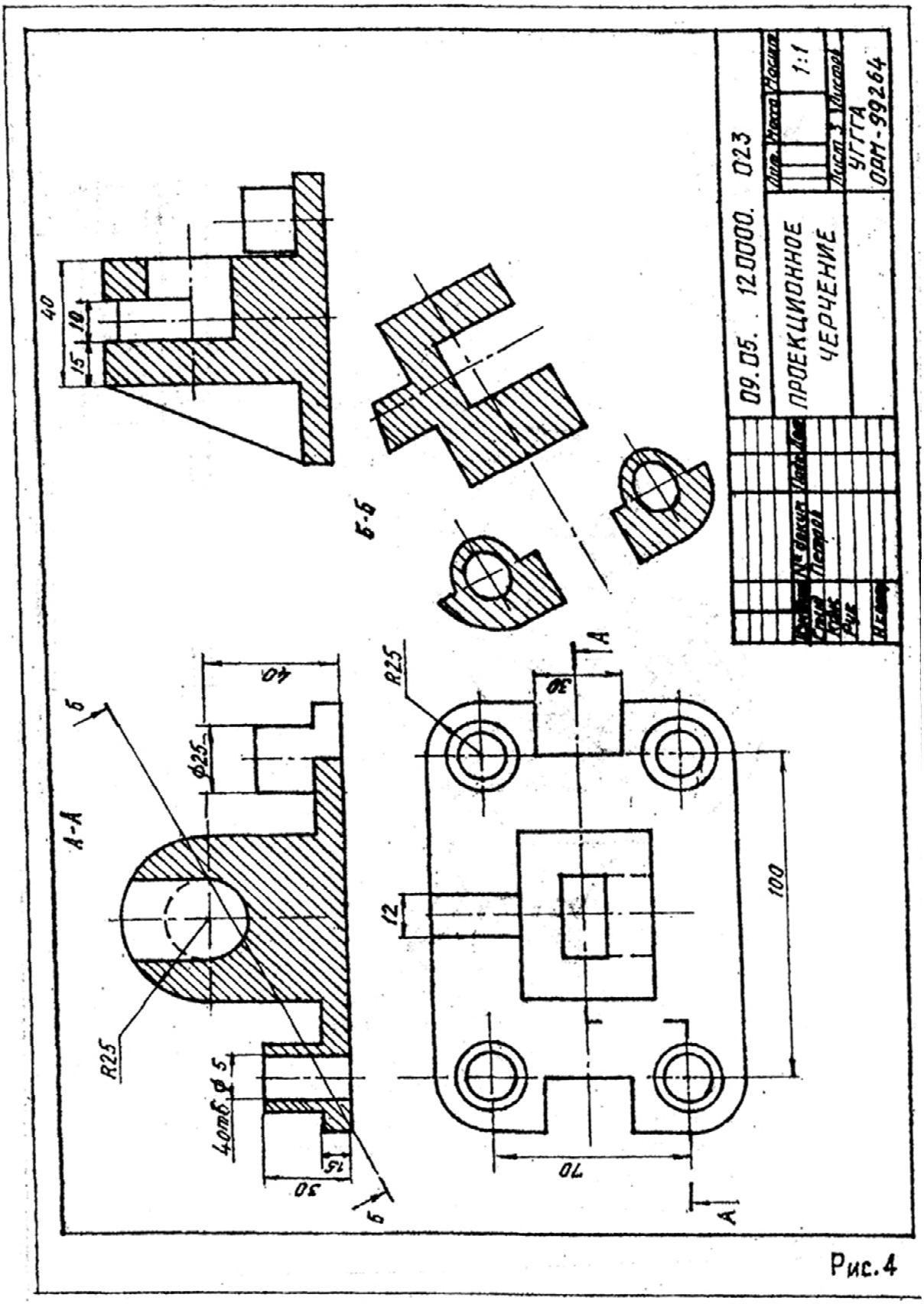

09.05. 120000. 023
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
УГГГА ОАМ-99264
Лист 1 Листов 1
1:1
Рис.4

Рис. 4

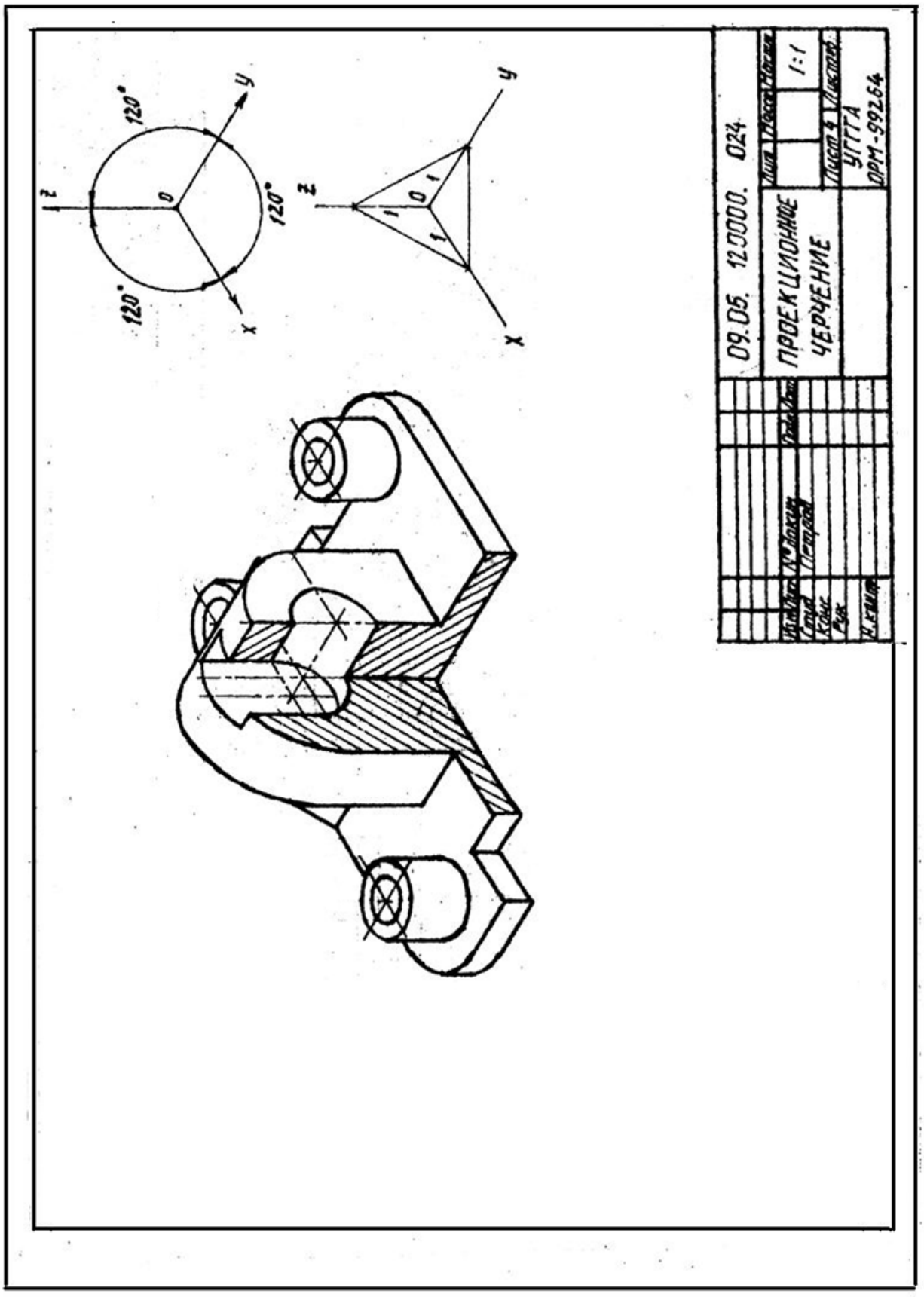

z
y
x
120°
120°
120°
0
1
1
1
09.05. 123000. 024
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГТГА
ОРМ-992564

Рис. 5

Тема 4. *Построение линии «среза»*

Задание по теме 4. Построить три изображения детали, которая имеет сложную форму поверхности вращения, срезанную двумя параллельными плоскостями. Линия пересечения поверхности вращения секущей плоскостью и является предметом решения поставленной задачи (см. пример выполнения задания, рис. 6). Индивидуальные задания. по вариантам даются в приложении 7. Работа выполняется на листе формата А3 карандашом.

Порядок выполнения:

1. На формате А3 построить три проекции заданного геометрического тела в тонких линиях, обозначить секущие плоскости.

2. Поверхности (наружную и внутреннюю) геометрического тела на главном виде разграничить тонкими, сплошными линиями на элементарные геометрические поверхности (см. пример выполнения).

Окружность R 25, вращаясь вокруг оси вращения тела, образует поверхность тора шириной 18 *мм*. Следующая поверхность - цилиндр с прямой образующей, параллельной оси вращения детали. Длина образующей определяется построением и зависит от положения центра сферы (размер 30) на оси. Сфера R65 плавно сопряжена с предыдущим цилиндром, правая граница сферы R65 определяется точкой сопряжения образующих окружностей R65 и R20, последняя, вращаясь вокруг оси детали, образует поверхность тора, которая плавно переходит в поверхность цилиндра с образующей - касателъной в нижней точке окружности R20.

Наружная поверхность заканчивается поверхностью конуса длиной 30 мм и диаметром 40 мм меньшего основания: Аналогично проанализировать внутреннюю поверхность детали.

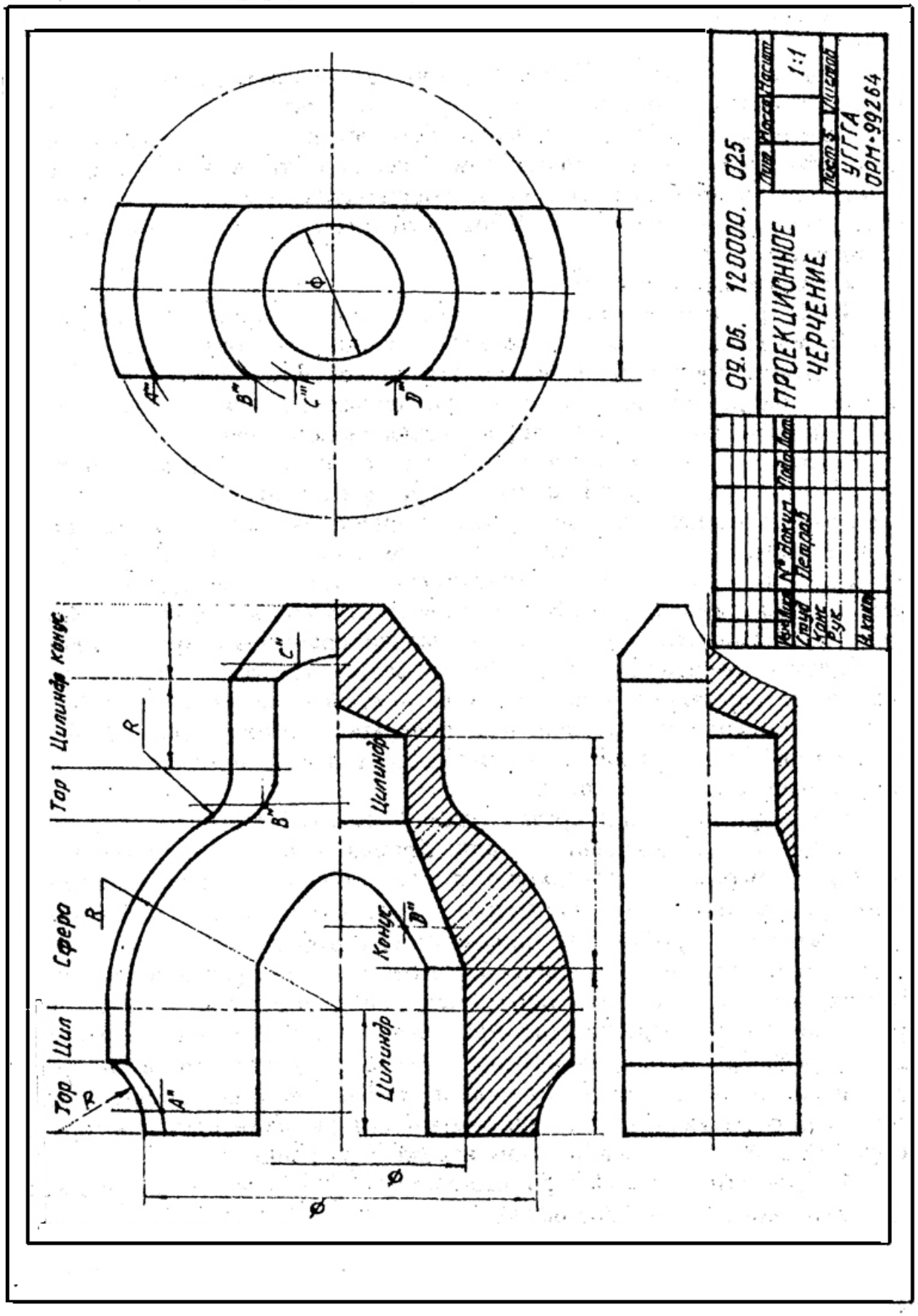

09.05. 120000. 025
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
УГТГА ОРН-99264
1:1
Тор
Цилиндр конус
Сфера
Шил
Тор
Цилиндр
Конус
Цилиндр
A"
B"
C"
D"
R
Ø
Ø

Рис. 6

3. Построение линии среза. Деталь "срезана'" плоскостями ***Q*** и ***T***, параллельными оси вращения детали. Кривая линия, по которой плоскости ***Q*** и ***T*** пересекают поверхность тора, строится как множество точек ***A*** (на примере построена одна точка). Точка ***A*** определяется с помощью вспомогательной профильной плоскости ***Z***, которая пересекает поверхность тора по окружности радиуса R_1, пересечение профильной проекции этой окружности со следами плоскостей ***Q*** и ***T*** определяет профильную проекцию точки ***A,*** фронтальная проекция которой отмечается на следе плоскости ***E***. Три, четыре такие точки обеспечат удовлетворительное построение искомой кривой линии, цилиндр пересекается плоскостями ***Q*** и ***T*** по прямой образующей, сфера – по окружности, линия пересечения тора и конуса строится по точкам методом, изложенным выше.

4. Провести выносные и размерные линии, нанести размерные числа в соответствии с ГОСТ 2.307-68 [4].

5. Контуры детали обвести сплошной основной линией, штриховку выполнить тонкой сплошной линией под углом 45° к горизонту. Надписи на чертеже и в основной надписи выполнить чертежным шрифтом.

Тема 5. *Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей*

Задание по теме 5. Строятся три изображения заданной детали по размерам на формате А3 карандашом, выполняются необходимые разрезы, вскрывающие внутреннее строение детали, и строятся линии пересечения формообразующих поверхностей. Варианты задания с исходными данными - на рис. 19 (см. приложение 8). Пример выполнения - на рис. 7.

Порядок выполнения:

1. В тонких линиях на формате А3 по заданным размерам построить три изображения детали, вскрыть с помощью разрезов внутреннее строение детали.

2. Определить вид и форму пересекающихся, формообразующих поверхностей и выбрать метод решения задачи. Из курса начертательной геометрии (часть 1) известно, что линия пересечения двух кривых поверхностей строится с помощью вспомогательных секущих поверхностей-посредников. В качестве таких поверхностей можно использовать плоскости, сферические концентрические или эксцентрические поверхности.

3. Построение линии перехода или линии пересечения поверхностей осуществляется по единому алгоритму, изложенному в первой части настоящей работы в теме 3.

4. После построения линий перехода чертеж оформляется по порядку, изложенному в предыдущих темах, то есть выполняется штриховка на разрезах, обводятся видимые контуры детали, проставляются размеры, выполняются необходимые надписи на чертеже, строится рамка чертежа и оформляется основная надпись.

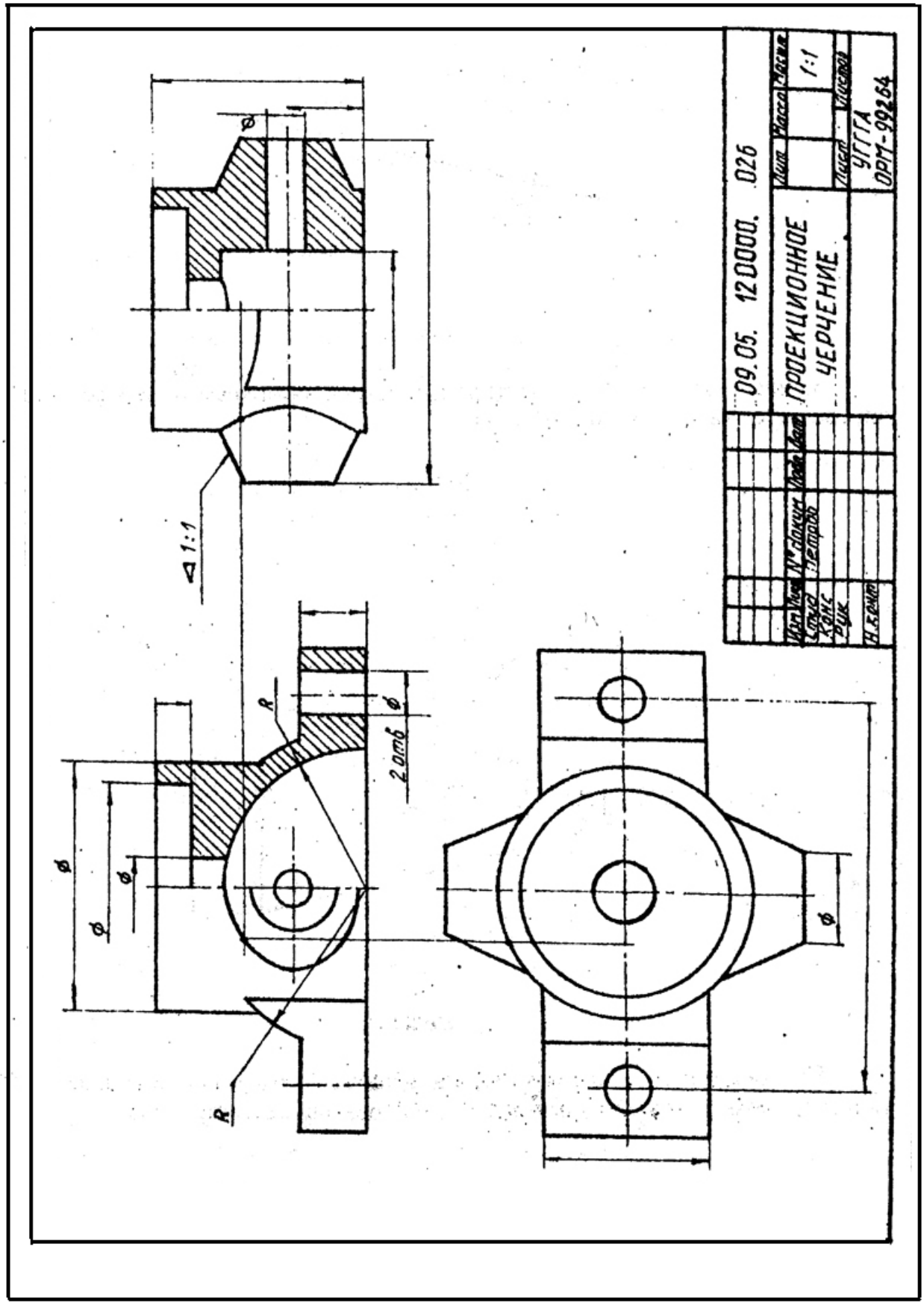

09.05. 120000. 026
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
УГГГА ОРТ-99264
1:1
2 отв ⌀
R
R
⌀
⌀
⌀
⌀
⌀
⌀
1:1

Рис. 7

Дополнительные сведения. При построении машиностроительных чертежей часто приходится строить уклоны, конусности, фаски [2, 3, 5]. Уклон прямой линии (рис. 8), или уклон плоскости, - это характеристика . пространственного положения прямой или плоскости, другими словами, это положение прямой или плоскости относительно другой прямой или плоскости , как правило, горизонтальных или вертикальных. Уклон - это отношение, выражающееся формулой

$$tg\ \alpha = BC/AC = 1{:}4.$$

В численном выражении уклон в числителе имеет единицу, знаменатель, как правило, - целое число. В машиностроении уклоны нормализованы. Это значит, что в справочниках по машиностроению и конструированию можно найти рекомендуемые значения уклонов.

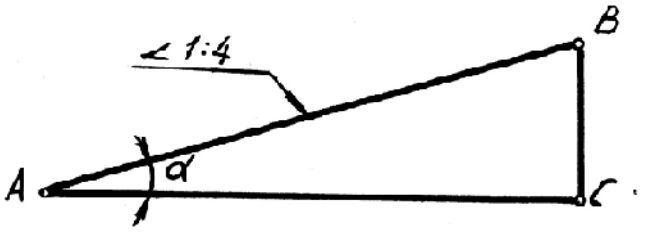


Рис 8

Конусность (рис. 9) – это характеристика конической поверхности, определяется также в виде отношения

$$2tg\ \alpha = (D-d)/L$$

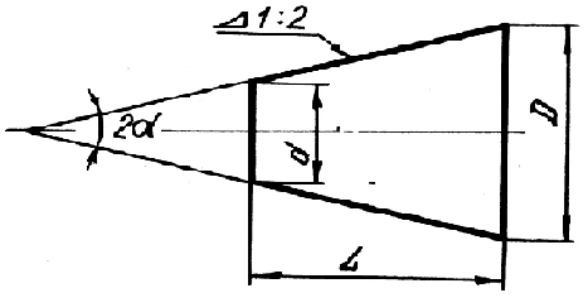


Рис 9

Рекомендуемые к использованию величины конусностей так же, как клоны, нормализованы и содержатся в справочной литературе.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №5

В контрольную работу № 5 входят следующие темы:

Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение]крепежных деталей.

Тема 7. Составление эскизов деталей машин.

Тема 8. выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия.

Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия.

Тема 6. *Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей*

Очень важным моментом для построения графических документов является правильное и грамотное, основанное на существующих стандартах изображение соединений деталей.

Машины и механизмы состоят из деталей. определенным образом соединенных и взаимодействующих между собой. Для изображения характера соединений и взаимодействий в машиностроительном черчении изучается раздел «Условности изображения соединений деталей машин и элементов соединений». Эти сведения содержатся в сборнике ЕСКД [4] в ГОСТ 2.311-68 - ГОСТ 2.315-68. и в любой учебной литературе по машиностроительному черчению [2, 3, 5].

Соединения деталей между собой могут быть разъемными и неразъемными. К неразъемным соединениям относятся: сварка, клепаные соединения, пайка, склеивание и сшивание деталей различными крепящими деталями (скобы, гвозди, нити и т.д.). Специальной графической работы по теме неразъемных соединений в контрольной работе не предусматривается, но эту тему студент должен изучить по литературе. Знание этой темы потребуется при выполнении темы 9 «Чтение и деталировка чертежа общего вида», в которой могут встречаться неразъемные соединения.

Изображение резьб и резьбовых соединении

Резьбовые соединения деталей - это наиболее обширный класс разъемных соединений. Элементом соединения является резьба, которая образуется перемещением плоской фигуры (профиля резьбы). по винтовой траектории по цилиндрической или конической поверхности. Ось направляющей поверхности одновременно является осью резьбы. Перемещение профиля по винтовой линии на угол 360° определяет виток, перемещение профиля резьбы при этом параллельно оси резьбы называется ходом рсзьбы. Резьба, образованная движением по винтовой линии профиля А, образует однозаходную резьбу, профиль Б даст двухзаходную резьбу, профиль В ~ трехзаходную и т. д. (рис. 10).

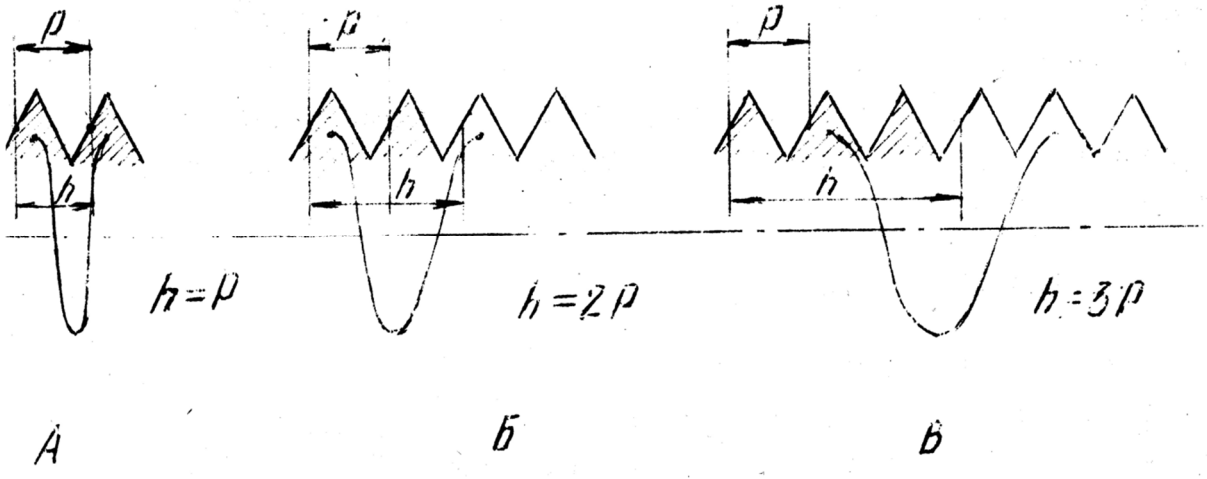


Рис. 10.

Шаг резьбы обозначается Р и определяется расстоянием между точками одноименных боковых сторон профиля по направлению оси резьбы. Соотношения между ходом и шагом резьбы приведены на рис. 10. Резьба может быть правой или левой, у левой резьбы вращение против часовой стрелки и в обозначении ставятся латинские буквы LH (ГОСТ 8724-81 «Резьба метрическая, диаметры и шаги»). Длина резьбы включает сбег резьбы и фаску. Сбег - резьба неполного профиля, получающаяся при выходе режущего инструмента, на чертежах, как правило, указывают длину резьбы только полного профиля.

Резьбы стандартные и нестандартные чертеже изображаются одинаково. На стержне наружная резьба изображается тонкой сплошной линией по внутреннему диаметру, наружный диаметр проводится сплошной основной линией. В отверстии резьба по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией, а по внутреннему - сплошной основной. На виде по направлению оси резьбы на стержне резьба изображается по внутреннему диаметру разомкнутой сплошной тонкой линией, в отверстии - тонкой сплошной разомкнутой линией проводится наружный диаметр резьбы. Граница резьбы полного профиля проводится сплошной основной линией. Расстояние между сплошной основной и тонкой линиями на изображении резьбы должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Изображение резьбовых соединений на чертеже имеет принципиальное значение и выполняется по следующему правилу:

- деталь, :которая ввертывается (деталь системы болт), изображается в системе полностью без каких-либо искажений, и на ней изображается резьба;

- деталь, в которую ввертывается (деталь системы гайка), изображается не полностью, а только части ее, видные за пределами детали системы болта.

Обозначение резьб

Каждый тип резьбы имеет условное буквенное обозначение: М - метрическая, Tr - 'трапецеидальная, G - трубная цилиндрическая, R - трубная коническая, К - коническая, S - упорная и т. д. В обозначении резьбы, кроме трубной и конической, входит номинальный наружный диаметр (наружный диаметр резьбы на стержне), шаг резьбы, число заходов резьбы, поле допуска и т.д.

М - *метрическая резьба, примеры обозначений*'

М 24 - метрическая резьба с крупным шагом (ГОСТ 9150-81).

М 16×1,5 - метрическая резьба с мелким шагом.

М 30×4,5 (Р 1,5) - метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм, ходом 4,5 мм и шагом 1,5 мм.

М 30×4,5 (Р 1,5) LH –то же для левой резьбы.

Tr- *трапецеидальная резьба*

В технической документации можно встретить старое обозначение трапецеидальной резьбы, поэтому есть смысл привести пример: Трап 16×2 ГОСТ 9484-71. В современной документации нужно пользоваться следующим обозначением трапецеидальной резьбы:

Tr 16×2, Tr 80×30 (P15).

S - *упорная резьба*.

Старое обозначение упорной резьбы: Уп24 ×10 ГОСТ 10177 -62, новое обозначение упорной резьбы: S 24×10.

Трубная цилиндрическая и коническая резьба обозначается условно размером в дюймах (1″=25,4 мм), равным диаметру условного прохода трубы D_y . Шаг резьбы в обозначение не ставится. Старое обозначение: Труб $1^1/_2$″ кл. В. Новое обозначение:

G $1^1/_2$- В ~ трубная цилиндрическая резьба;

R $1^1/_2$ -В - трубная коническая резьба на трубе (наружная);

Rc $1^1/_2$″ -В - трубная коническая резьба на фитинге (внутренняя);

В(А) - класс точности изготовления трубной резьбы.

Задание по теме 6.

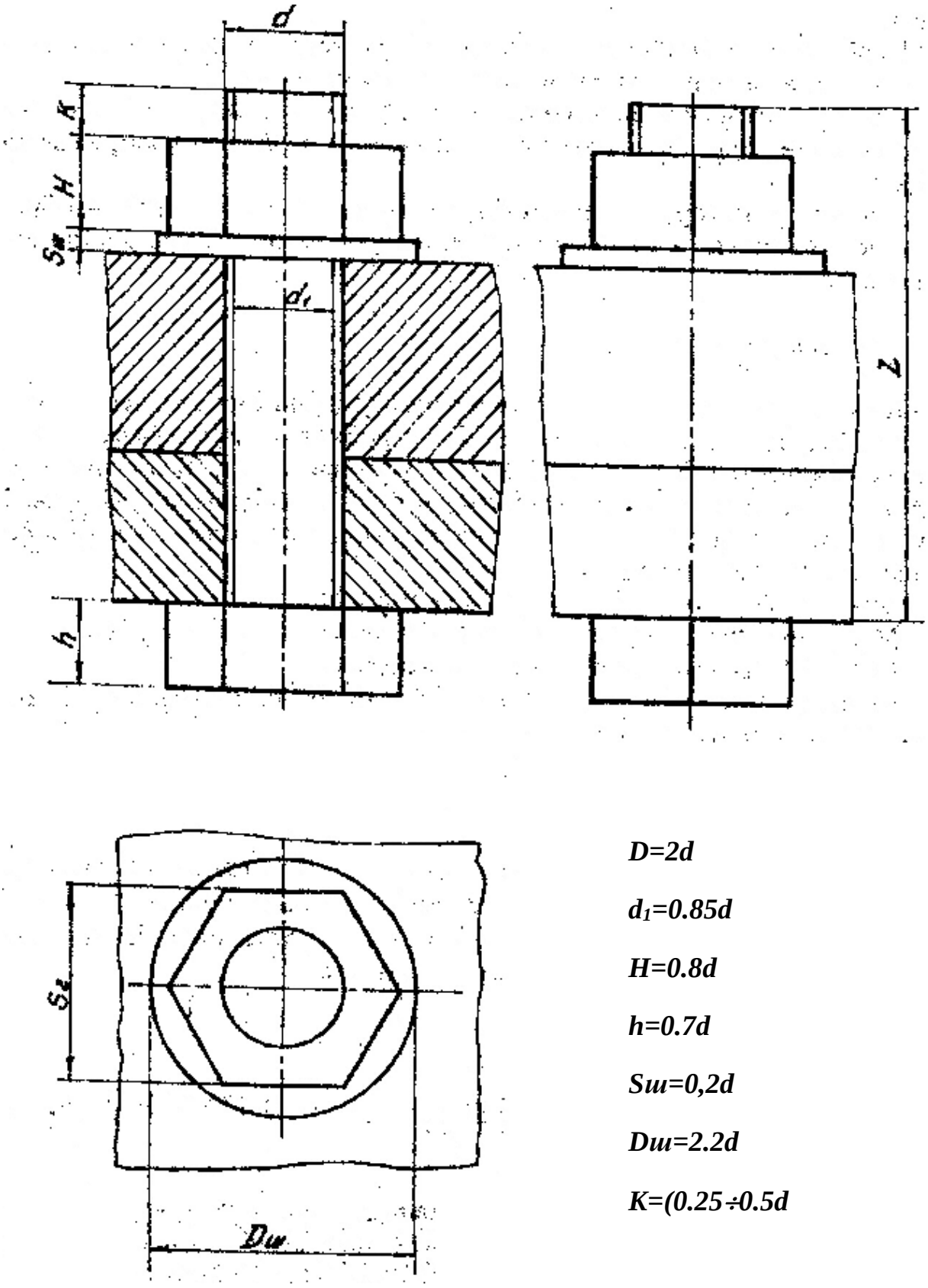
Вычертить~ на листе формата А3:

1) болт, гайку, шайбу, шплинт, если болт имеет отверстие под шплинт по действительным размерам, которые нужно взять из стандартов в таблице задания по теме;

2) упрощенное изображение болтового соединения (пример и расчетные формулы на рис. 11);

3) гнездо под резьбу, гнездо с резьбой, отдельно шпильку и соединение двух деталей шпилькой по их действительным размерам из стандартов в таблице задания.

Варианты заданий даны в таблицах приложения 9.



D=2d

d_1=0.85d

H=0.8d

h=0.7d

Sш=0,2d

Dш=2.2d

K=(0.25÷0.5d

Рис. 11

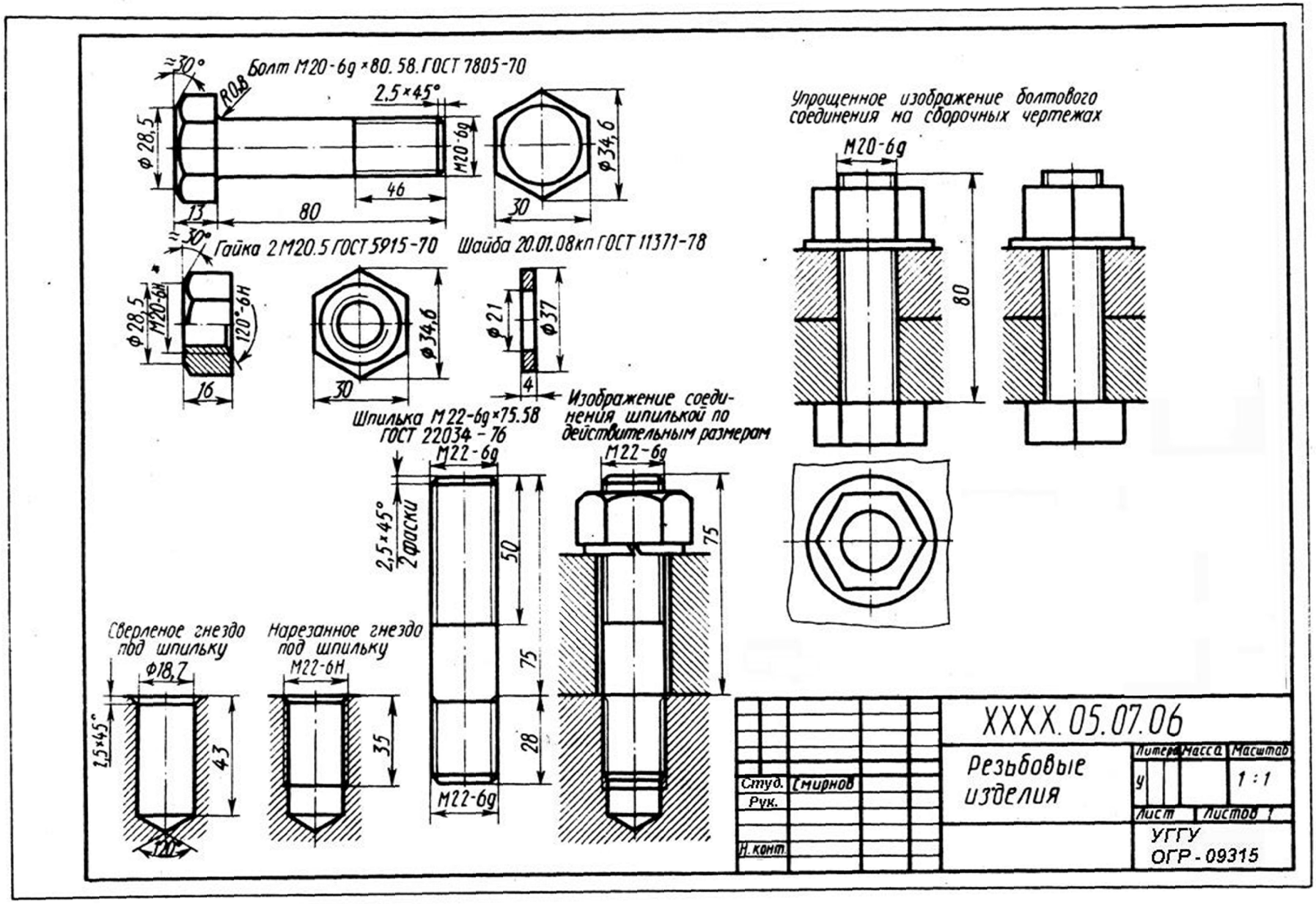

Болт М20-6g×80.58.ГОСТ 7805-70
Гайка 2М20.5 ГОСТ 5915-70
Шайба 20.01.08кп ГОСТ 11371-78
Шпилька М22-6g×75.58 ГОСТ 22034-76
Изображение соединения шпилькой по действительным размерам
Упрощенное изображение болтового соединения на сборочных чертежах
Сверленое гнездо под шпильку
Нарезанное гнездо под шпильку
XXXX.05.07.06
Резьбовые изделия
Студ. Смирнов
Рук.
Н.конт.
Литера
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
УГГУ
ОГР-09315

Рис. 12

Чертежи выполняются карандашом на листе формата А3. Надписи, обозначения и размеры по примеру выполнения задания рис. 12.

Примечания:

1) при наличии у болта отверстия под шплинт размеры шплинта подбирают по ГОСТ 397-79;

2).если в графе исполнения стоит прочерк, то это означает, что изделие изготавливается в единственном исполнении;

3) если в шпилечном соединении прорезная или корончатая гайка, то при вычерчивании конец шпильки должен выступать над гайкой не более чем на 3-5 мм, шплинт по ГОСТ 397-79;

4) диаметр отверстия под резьбу взять равным приблизительно 0,85d (d - наружный диаметр шпильки).

Тема 7. *Составление эскизов деталей машин*

Тема эскизирования деталей машин для инженеров имеет очень большое значение. Эскиз - это графический документ - чертеж временного характера, выполненный от руки. С примерным соблюдением пропорций элементов детали. Эскиз оформляется как рабочий чертеж, то есть эскиз может использоваться для изготовления детали в условиях производственных мастерских. Таким образом, инженер, работающий на эксплуатации машин и механизмов, должен обладать безукоризненной техникой эскизирования, чтобы в процессе работы в случае поломки какой-либо детали он мог оперативно изготовить эскиз этой детали и организовать ее изготовление. Инженер, работающий в проектной или конструкторской организации, весь процесс конструирования ведет в эскизной форме, и только на конечном этапе делается чертеж проектируемого изделия.

Порядок составления эскиза детали:

1) изучается деталь, эскиз которой нужно построитъ; выявляются геометрические формообразующие поверхности, их взаимное расположение, характер линий перехода поверхностей, линий среза (тема 4 и 5, КР №);

2) обоснованно выбирается главный вид детали и остальные необходимые виды, решается вопрос выполнения разрезов и сечений для выявления внутреннего строения детали;

3) в зависимости от предполагаемого количества изображений выбирается формат для эскиза, рамка чертежа и контур основной надписи проводятся от рукн (заполнение основной надписи проводится на конечном этапе после оформления чертежа);

4) рабочее поле чертежа делится на пропорциональные зоны выбранных изображений, для этого нужно выявить примерные соотношения габаритов детали - длины, высоты, ширины (рис. 13);

5) если деталь обладает осями и плоскостями симметрии, на чертеже нужно нанести оси тонкими urrрихпунктирными линиями (см. рис. 13);

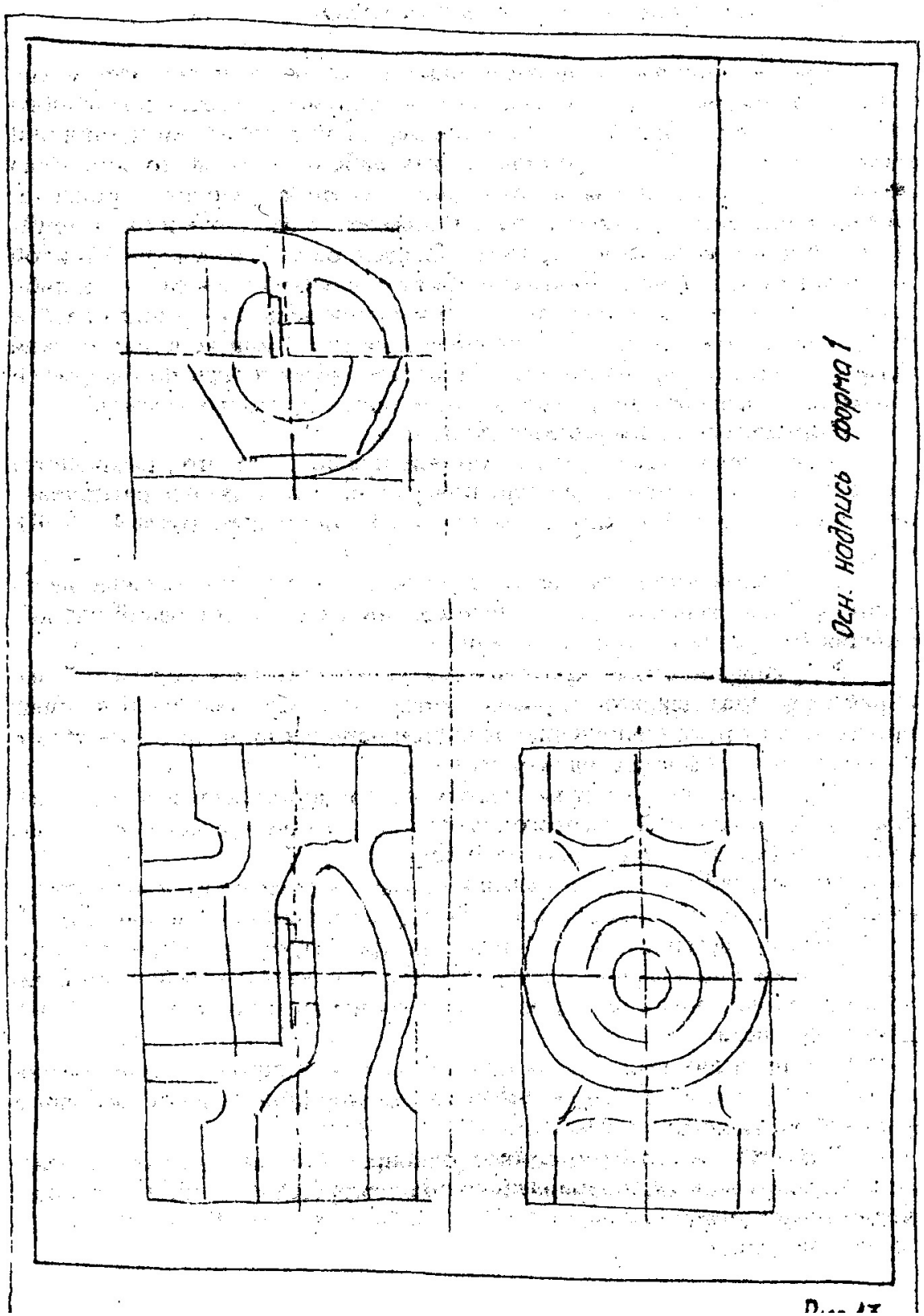


Рис. 13

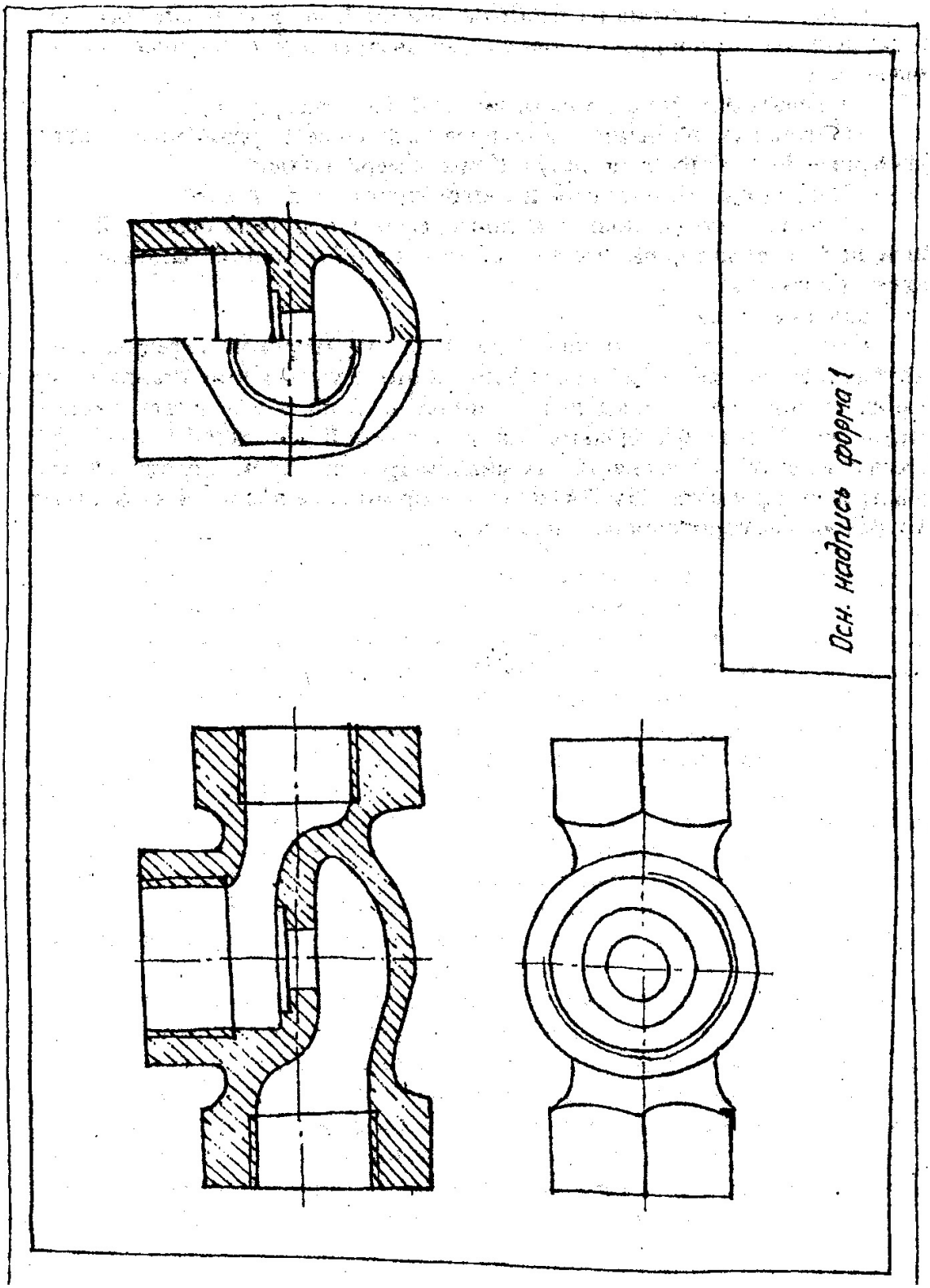


Рис. 14

6) на проведенных плоскостях симметрии строятся габаритные прямоугольники видов главного, сверху, слева, так, чтобы между ними осталось достаточно места для простановки размеров и возможных необходимых надписей;

7) в пределах габаритных прямоугольников строятся элементы поверхностей детали, с использованием пропорциональности основных формообразующих поверхностей;

8) разрезы желательно строить одновременно; все построения делаются в тонких линиях, и параллельно анализируется пропорциональность элементов детали;

9) обводка контуров на изображении производится после того, как будут решены все вопросы с элементами внутреннего и внешнего строения детали;

10) Делается штриховка на разрезах и сечениях (рис. 14);

11) тонкими линиями проводятся выносные и размерные линии, размерные числа берутся по результатам обмера детали;

12) наносятся обозначения шероховатости поверхностей;

13) заполняется основная надпись, если нет штампа основной надписи, допускается в студенческих. работах линии основной надписи проводить по линейке.

Задание по теме 7.

Студент находит сам или берет в препараторской кафедры узел-вентиль и составляет эскизы всех деталей этого узла, кроме стандартных (гайки, шайбы). В. уче6ных целях считаем вентиль и его детали нестандартными. Эскизы выполняются на листах белой чертежной бумаги, допускается делать эскизы на листах миллиметровки. Рекомендуется использовать листы формата А3 и А4, можно оформить два листа А4 на формате А3. Все эскизы сброшюровать в альбом.

Тема 8. *Выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия*

Чертеж общего вида довольно часто называют сборочным чертежом - это не совсем верно, поскольку сборочный чертеж отображает процесс и порядок сборки узла, и на нем нет необходимости давать полное изображение каждой составляющей детали, что требуется при выполнении чертежа общего вида.

Главный вид на чертеже общего вида, как правило, определяется главным видом корпусной детали. Корпусная деталь также определяет и количество основных видов.

На чертеже общего вида выполняются разрезы, цель которых не только показать внутреннее строение детали, но и характер соединения и взаимодействия деталей, составляющих данную сборочную единицу, а также назначение и принцип действия механизма. Количество изображений на чертеже общего вида должна быть минимальным, но достаточным для того, чтобы прочитать каждую деталь, составляющую изображаемый узел.

На разрезах и сечениях нужно нанести штриховку на деталях; при этом одна и та же деталь на различных разрезах и сечениях должна быть заштрихована строго в одну сторону и одним шагом штриховки. Сопряженные на разрезе детали желательно штриховать в разные стороны, если это невозможно, то сопряженные детали нужно штриховать различным шагом, то есть расстояния между линиями штриховки различны.

На чертеже общего вида нужна поставить следующие размеры:

1) габаритные; 2) присоединительные - размеры между осями элементов крепления узла; 3) размеры, проверяемые при сборке, диаметры валов, расстояния между крепежными элементами сборки и т.д.; 4) обозначить все резьбы и резьбовые соединения, кроме стандартных изделий, указываемых в спецификации; 5) размеры и необходимые обозначения элементов, которые обрабатываются. В процессе сборки, например, совместное засверливание для

стопорения деталей и прочее; 6) размеры, определяющие ход подвижных частей сборки.

Следующим этапом оформления чертежа общего вида является простановка позиций на чертеже. На детали ставится точка, из нее проводится выносная линия, чтобы она не была параллельна линиям чертежа штриховки. Выносная линия заканчивается полкой. Выносная линия и полка проводятся тонкой сплошной линией, над полкой проставляется позиция детали арабской цифрой шрифтом 5. Полка располагается на чертеже строго по горизонтальным и по вертикальным направлениям, порядок цифр позиций на чертеже может быть произвольным.

Спецификация - текстовый документ, выполняется на листах чертежной бумаги формата А4.; форма, размеры и порядок заполнения спецификации даны в приложении 2.

Задание по теме 8.

Выполнить на листе чертежной бумаги формата А1 или А2 чертеж общего вида изделия, детали :которого выполнялись в предыдущей теме.

Чертеж желательно выполнить в увеличенном масштабе по размерам, поставленным на эскизах в теме 7.

Тема 9. *Чтение и деталировка чертежа общего вида*

Изучение инженером курса машиностроительного черчения заканчивается изучением методов и приемов чтения чертежа общего вида и вычерчиванием рабочих деталей, составляющих механизм, изображенный на чертеже.

Чтение чертежа общего вида начинается со знакомства с основной надписью чертежа, краткого описания изображенного механизма, чтения спецификации и одновременного изучения детали на чертеже. Прочитать деталь на чертеже общего вида - это значит найти изображения этой детали на всех видах, разрезах и сечениях. Поиск ведется с помощью проекционной связи, установленной между изображениями, и штриховки, присущей только этой детали. Когда деталь на чертеже определена, нужно сделать геометрический анализ формообразующих поверхностей, то есть выявить, из каких геометрических форм образуется поверхность и полости детали, как они сопрягаются между собой. После такого анализа можно приступить к выбору главного и других необходимых видов для данной детали, определить разрезы и сечения для вскрытия внутреннего строения детали. учесть все условности и упрощения изображения элементов детали на чертеже, выбрать масштаб изображения и соответствующий формат, на котором будет строиться рабочий чертеж.

Требования к построению рабочего чертежа аналогичны требованиям построения эскиза детали, только чертеж строится с помощью чертежного инструмента.

Задание по теме 9.

Для практического усвоения этой темы студенту выдается чертеж общего вида, на котором указываются детали для выполнения рабочих чертежей. Студент самостоятельно решает вопросы выбора масштаба изображения и величины формата чертежа, выбора главного вида и других необходимых видов, разрезов и сечений, рациональной простановки размеров (в работе нужно проставить только номинальные размеры). При сдаче преподавателю :этой темы студент обязан кратко и ясно рассказать строение механизма, порядок сборки деталей, их соединение и взаимодействия, изложить функциональное назначение (работа) узла или сборочной единицы на чертеже общего вида, мотивировать выбор главного вида деталей на рабочих чертежах, необходимость и достаточность других изображений.

Тема 10. Курсовая работа

Цикл обучения студентов графическим дисциплинам завершается выполнением курсовой работы. Тематика курсовых работ соответствует специальности студента.

Студенты механических специальностей (ГЭМ, ГМК, ГРМ, АСГ) выполняют в качестве курсовой работы чертеж общего вида по описанию механизма (машины), по альбому рабочих чертежей деталей и перечню стандартных изделий. Задание на курсовую работу выдается преподавателем в период установочных лекций, консультации по выполнению работы проводятся ведущим преподавателем. Работа завершается защитой:

Студент должен кратко и четко рассказать с демонстрацией на чертеже строение узла, взаимодействие деталей, порядок сборки, характер соединения, функциональное назначение и порядок работы.

Студенты горно-технических специальностей (ПРМ, МД,ШС, ОГР) изучают горно-графическую документацию (ГГД), сборник стандартов, регламентирующих требования к горным графическим документам. Ведущий преподаватель читает установочную лекцию по теме «Проекции с числовыми отметками» и выдает задание на курсовую работу, студент берет на кафедре методическое пособие по выполнению курсовой работы и выполняет работу на листе формата А1 с последующей защитой. Студенты специальности ОПИ выполняют курсовую работу по теме "Взаимное пересечение кривых поверхностей второго порядка" на примере конструирования аэро- и гидродинамического аппарата с развертками составляющих поверхностей. Работа выполняется на листе формата А1.

Литература

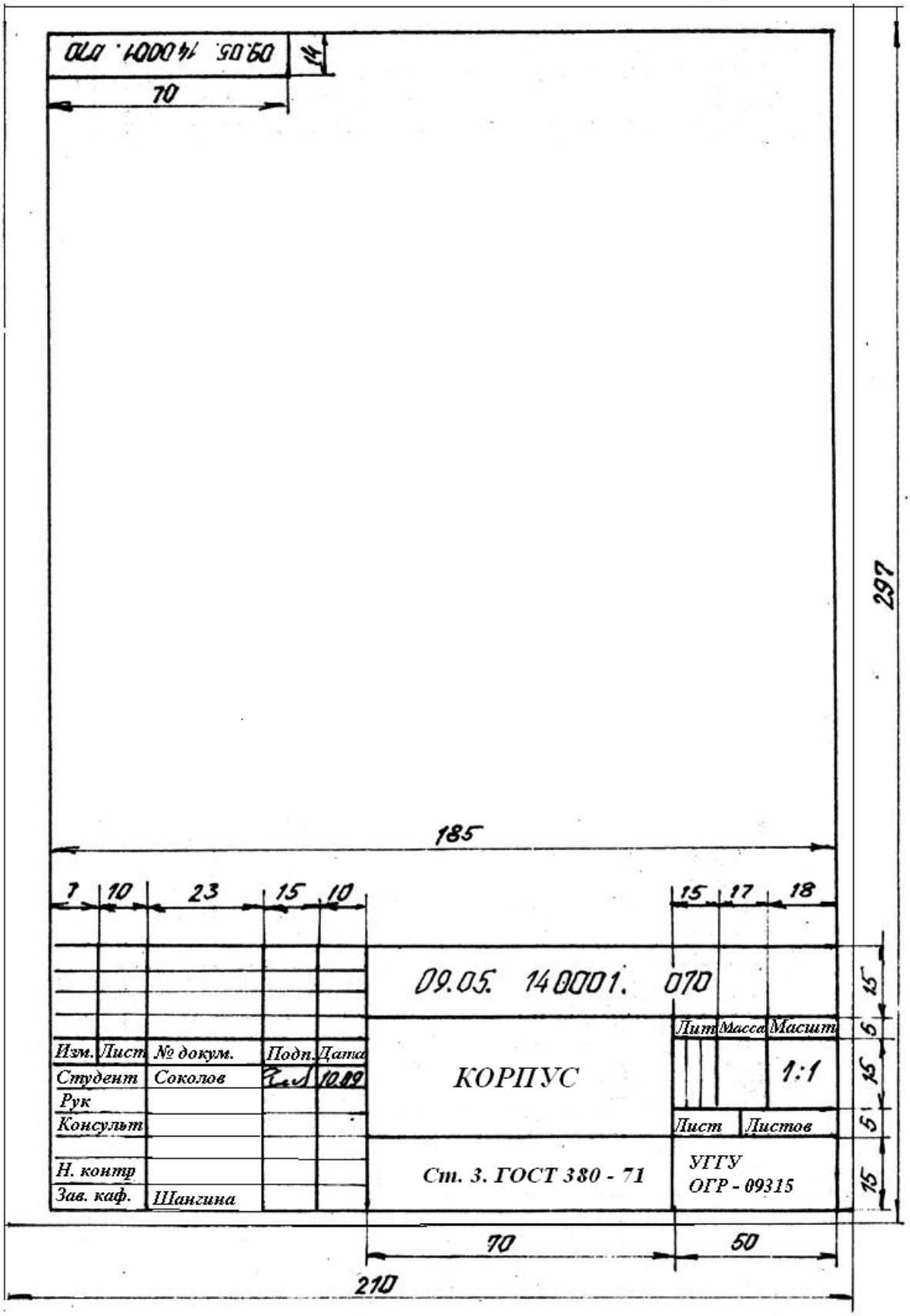
1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. - М.: Машиностроение,1980. -Т.1. – 128 с.; Т.2. – 560 с.; Т.3. – 560 с. '

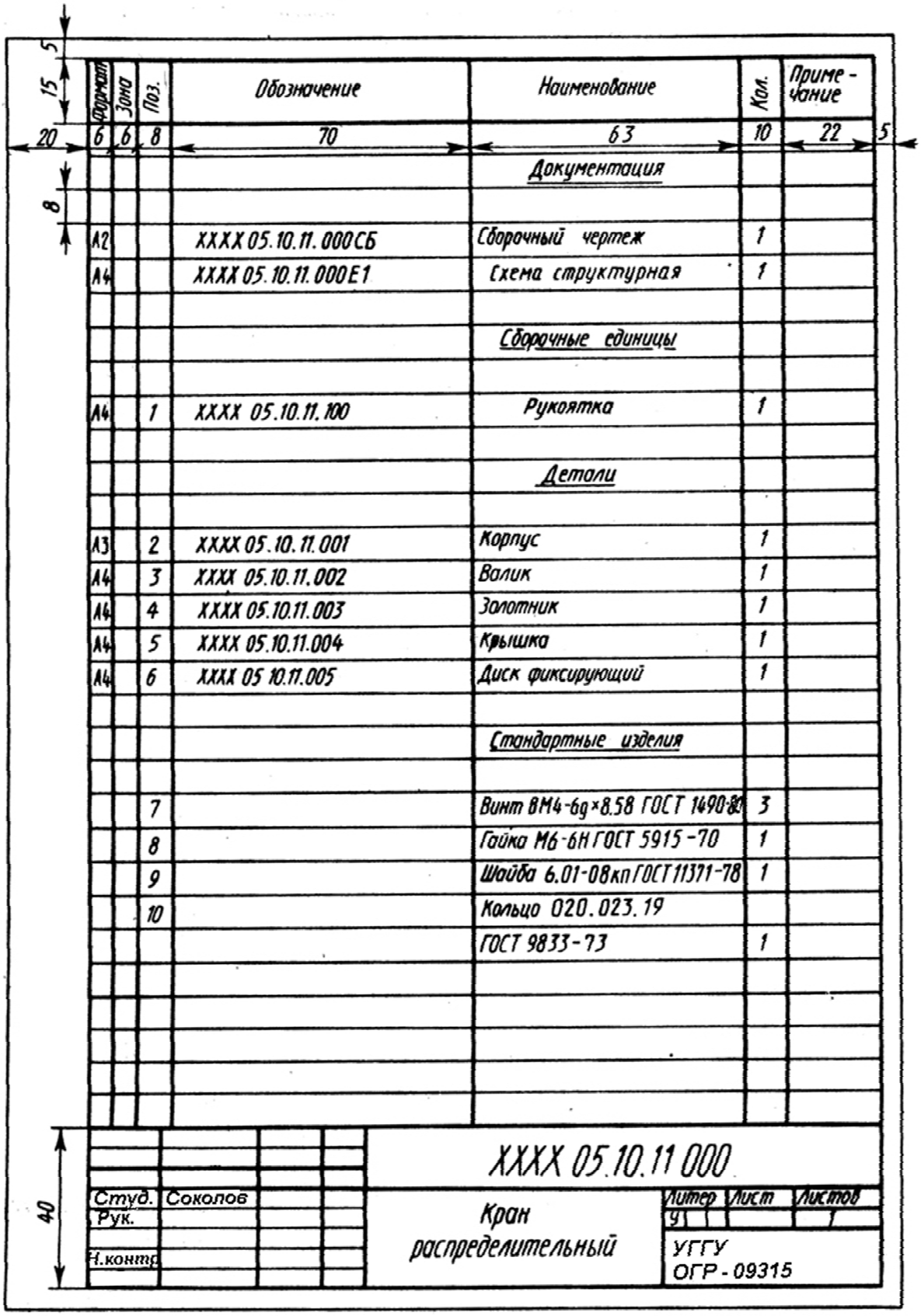
2. Богданов В.Н., Малежик И.Ф. и др. Справочное руководство по черчению. - М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

3. Вяткин Г.П., Андреева А.Н. Машиностроительное черчение. - М.: Машиностроение, 1985. -368 с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301-68 ...ГОСТ 2.321 - 84). М.: Издательство стандартов, 1988. ~ 240 с.

5. Федоренко Б. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. - М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.


070 . 140001 . 09.05
14
70
297
185
7
10
23
15
10
15
17
18
09.05. 140001. 070
15
Лит
Масса
Масшт
6
Изм.
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
КОРПУС
1:1
15
Студент
Соколов
10.09
Рук
Консульт
5
Лист
Листов
Н. контр
Ст. 3. ГОСТ 380 - 71
УГГУ
ОГР - 09315
15
Зав. каф.
Шангина
70
50
210



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А2			XXXX 05.10.11.000СБ	Сборочный чертеж	1	
А4			XXXX 05.10.11.000Е1	Схема структурная	1	
				Сборочные единицы		
А4		1	XXXX 05.10.11.100	Рукоятка	1	
				Детали		
А3		2	XXXX 05.10.11.001	Корпус	1	
А4		3	XXXX 05.10.11.002	Валик	1	
А4		4	XXXX 05.10.11.003	Золотник	1	
А4		5	XXXX 05.10.11.004	Крышка	1	
А4		6	XXXX 05 10.11.005	Диск фиксирующий	1	
				Стандартные изделия		
		7		Винт ВМ4-6g×8.58 ГОСТ 1490-80	3	
		8		Гайка М6-6Н ГОСТ 5915-70	1	
		9		Шайба 6.01-08кп ГОСТ 11371-78	1	
		10		Кольцо 020.023.19 ГОСТ 9833-73	1	

XXXX 05.10.11 000

Студ.	Соколов		Кран распределительный	Литер	Лист	Листов
Рук.				У		1
Н.контр.				УГГУ ОГР-09315		

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

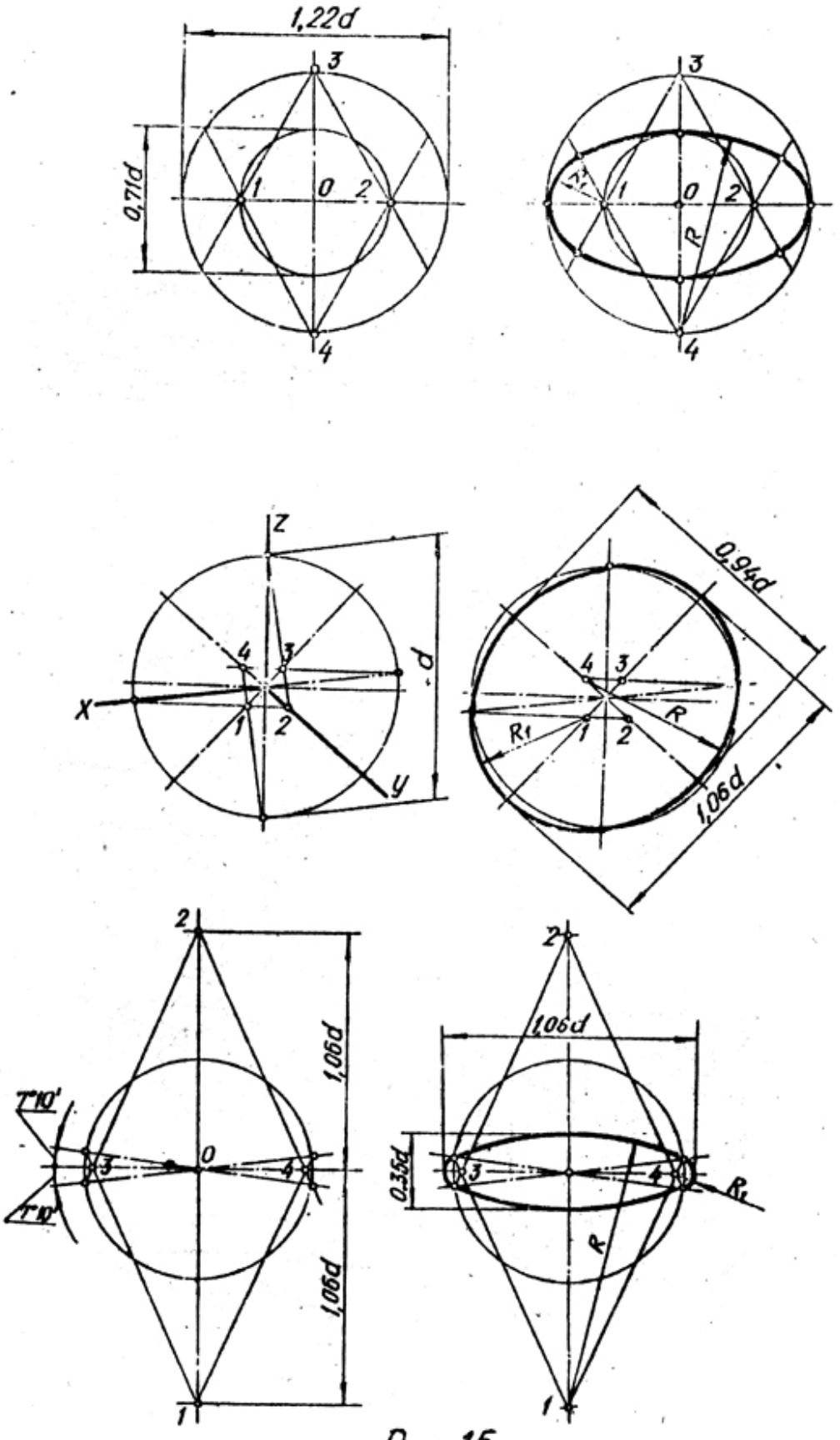


Рис. 15.

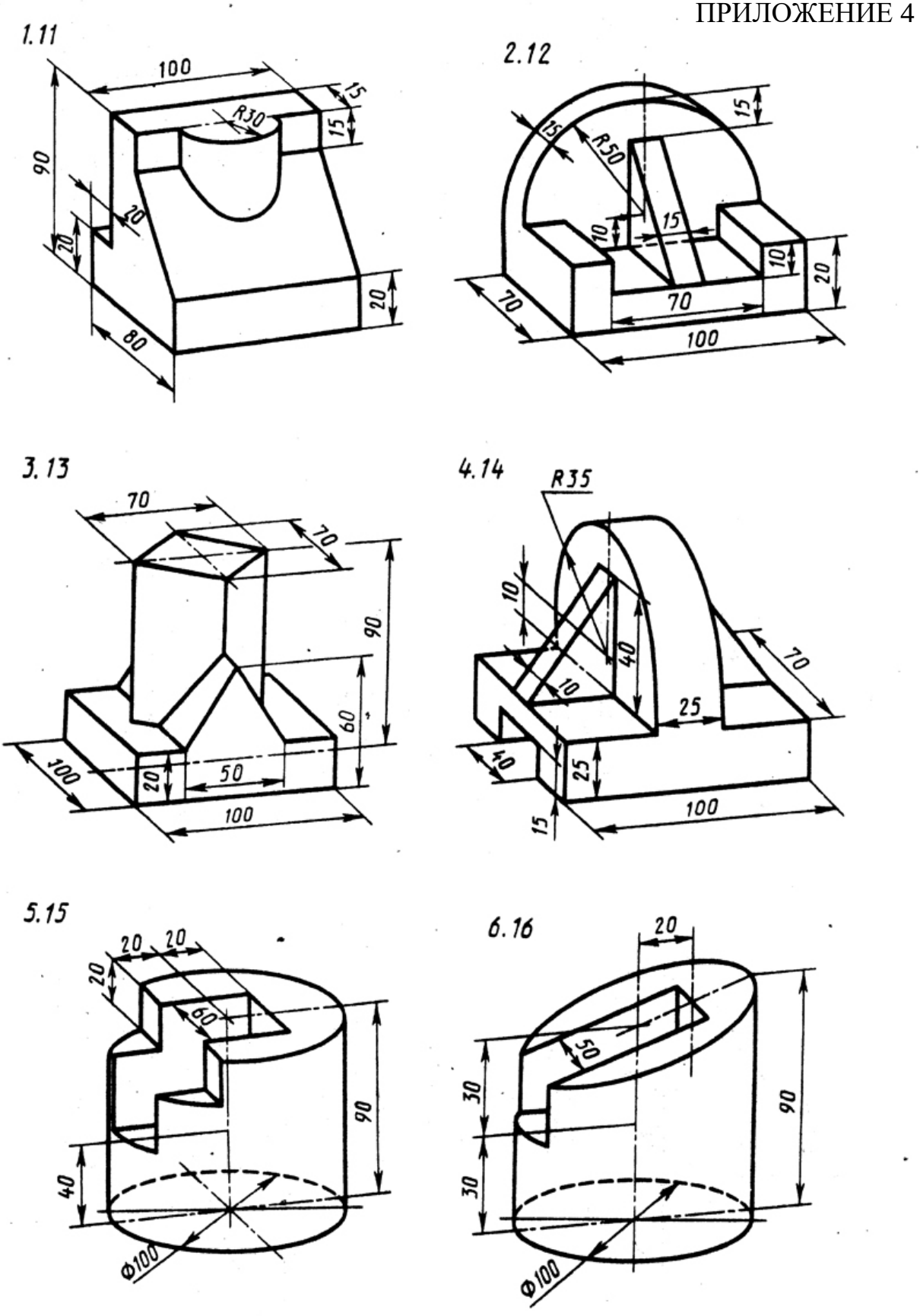

1.11
100
15
R30
15
90
20
20
20
80
2.12
15
15
R50
15
10
10
20
70
70
100
3.13
70
70
90
60
100
20
50
100
4.14
R35
10
40
70
10
25
10
25
15
100
5.15
20
20
20
60
90
40
Φ100
6.16
20
50
30
30
90
Φ100

Рис. 16

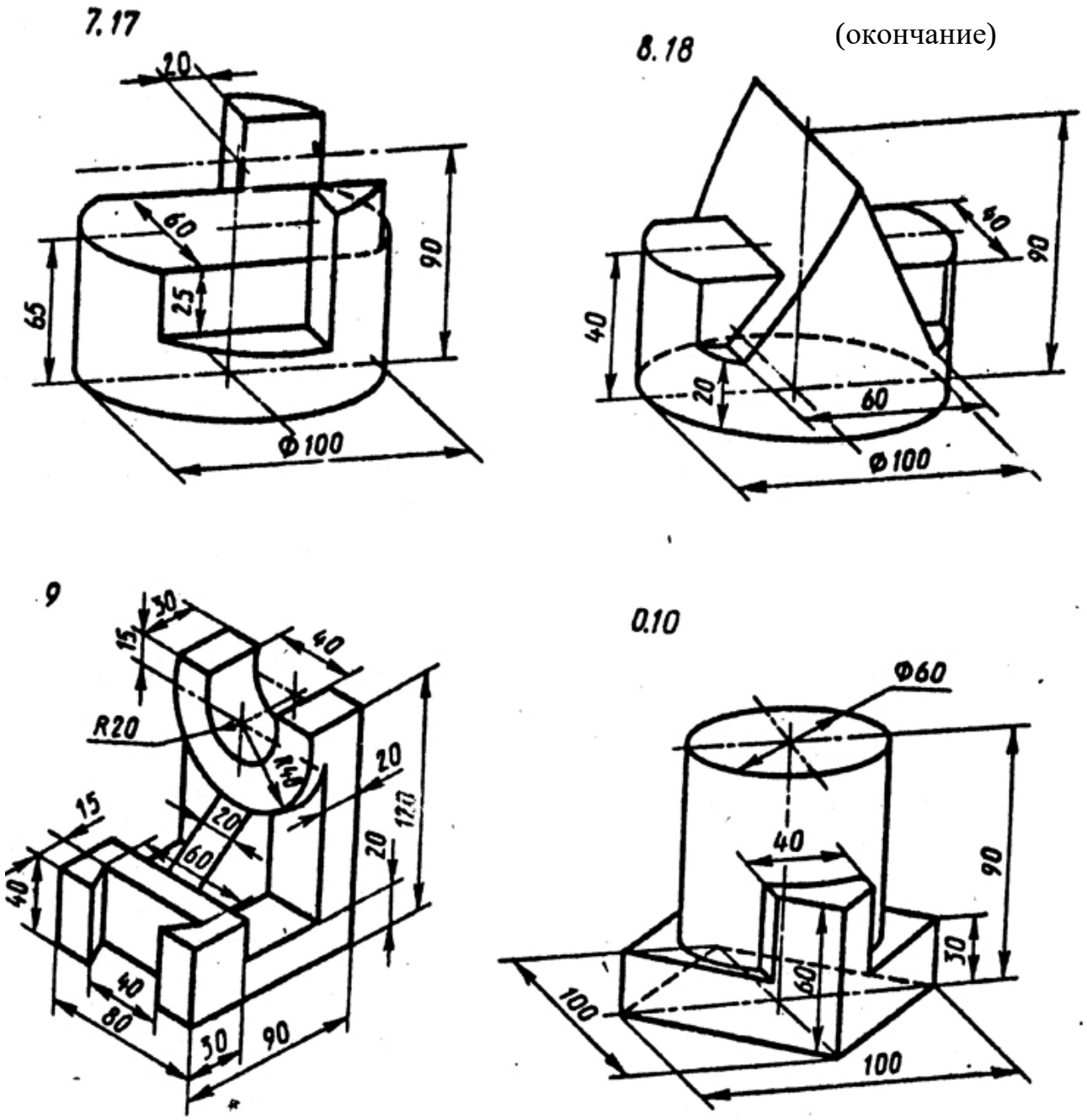


Рис. 16 (окончание)

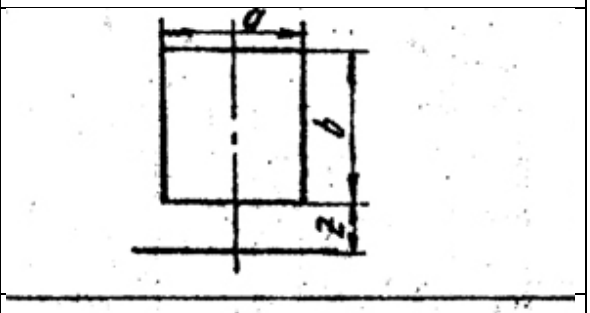
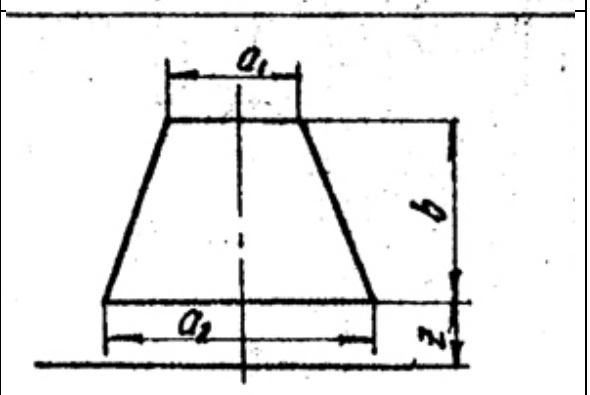
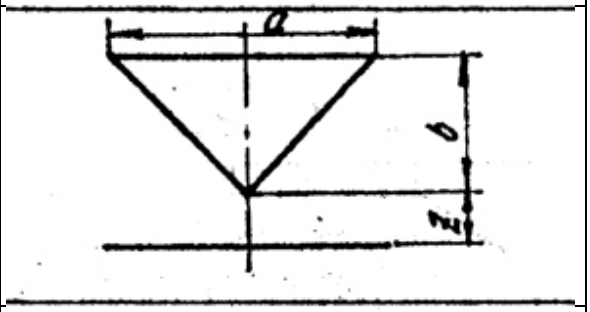
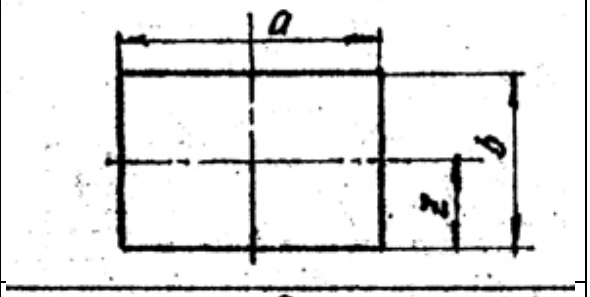
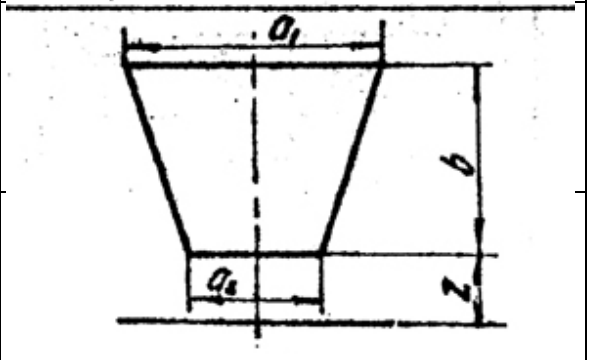
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1

№ варианта	Внешняя форма предмета	Цилиндрическое отверстие
1.11	Шестиугольная правильная призма. Диаметр окружности, описанной вокруг шестиугольника основания, равен 90 мм. Две вершины основания лежат на горизонтальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие с вертикально расположенной осью, проходящей через центр шестиугольника. Диаметр отверстия 30 мм
2.12	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 30 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника
3.13	Четырехугольная правильная призма. Сторона основания квадрата 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Диаметр отверстия 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр квадрата
4.14	Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 25 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия
5.15	Сфера диаметром 100 мм. На высоте 30 мм от экватора сфера срезана горизонтальной	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы

	плоскостью	
6.16	Четырехугольная правильная призма. Сторона квадрата основания 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр квадрата
7.17	Шестиугольная правильная призма Диаметр окружности, вписанной в шестиугольник основания, равен 80 мм. Две вершины основания лежат на вертикальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр шестиугольника
8.18	Сфера диаметром 100 мм. На уровне 30 мм под экватором сфера срезана горизонтальной плоскостью	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы
9	Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота100 мм.	Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника
10	Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм.	Вертикально расположенное отверстие диаметром 30 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия

Приложение 5 (окончание)
Таблица 2

Номер варианта	Размеры отверстия и расположение его от нижнего основания предмета (или центра сферы)	Форма призматического отверстия
1.11	***a***=35 ***b***=60 ***z***=20	
6.16	***a***=40 ***b***=50 ***z***=30	
2.12	a_1=30 a_2=45 ***b***=50 ***z***=30	
7.17	a_1=35 a_2=45 ***b***=50 ***z***=25	
3.13	***a***=40 ***b***=50 ***z***=30	
8.18	***a***=30 ***b***=50 ***z***=25	
4.14	***a***=40 ***b***=40 ***z***=20	
9	***a***=35 ***b***=35 ***z***=17,5	
5.15	a_1=40 a_2=30 ***b***=50 ***z***=30	
10	a_1=45 a_2=35 ***b***=50 ***z***=25	

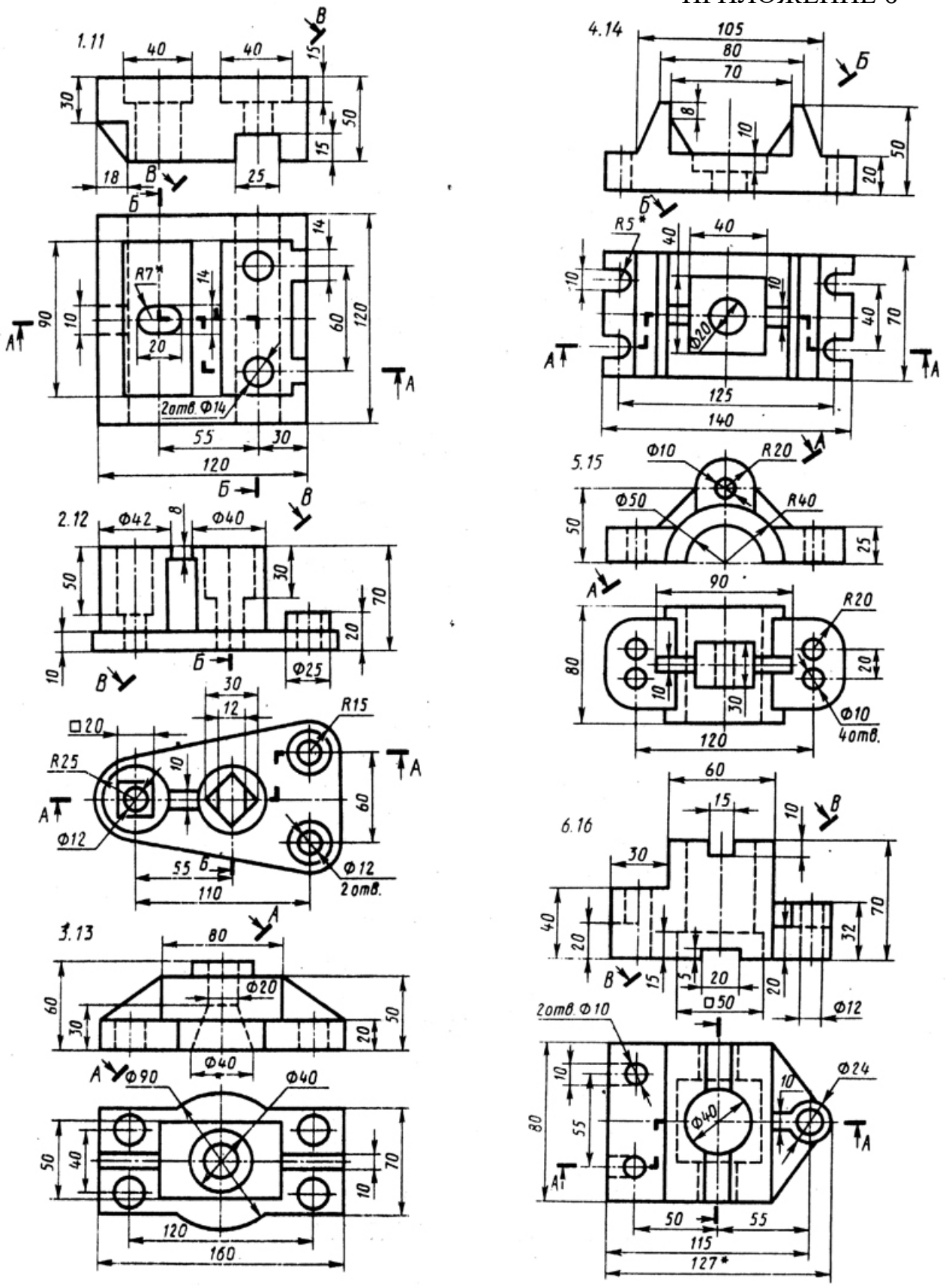


Рис. 17

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(окончание)

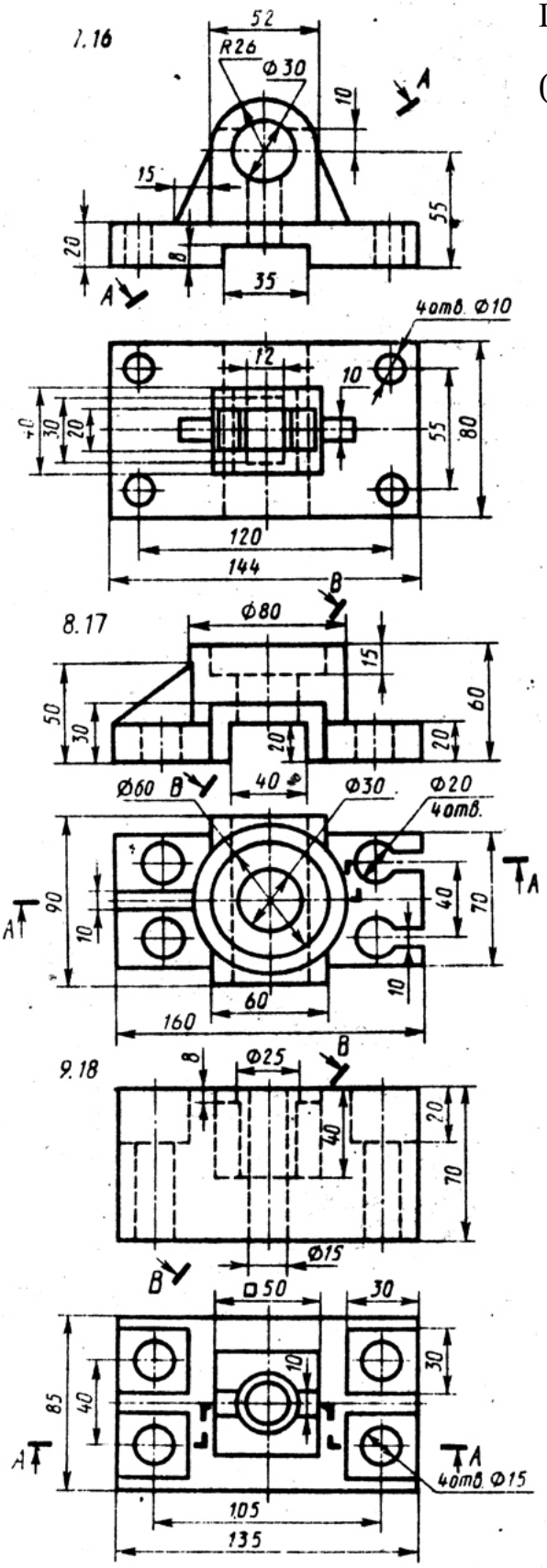
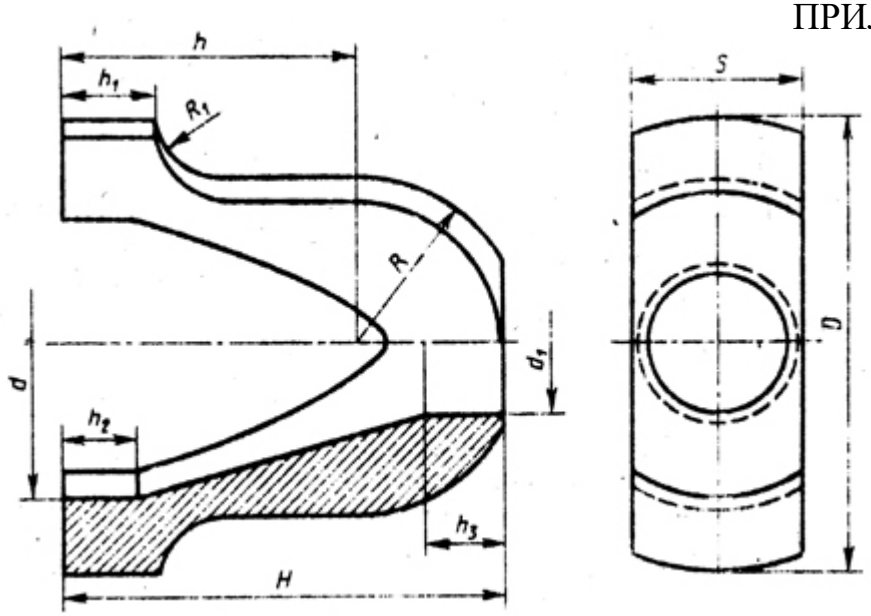
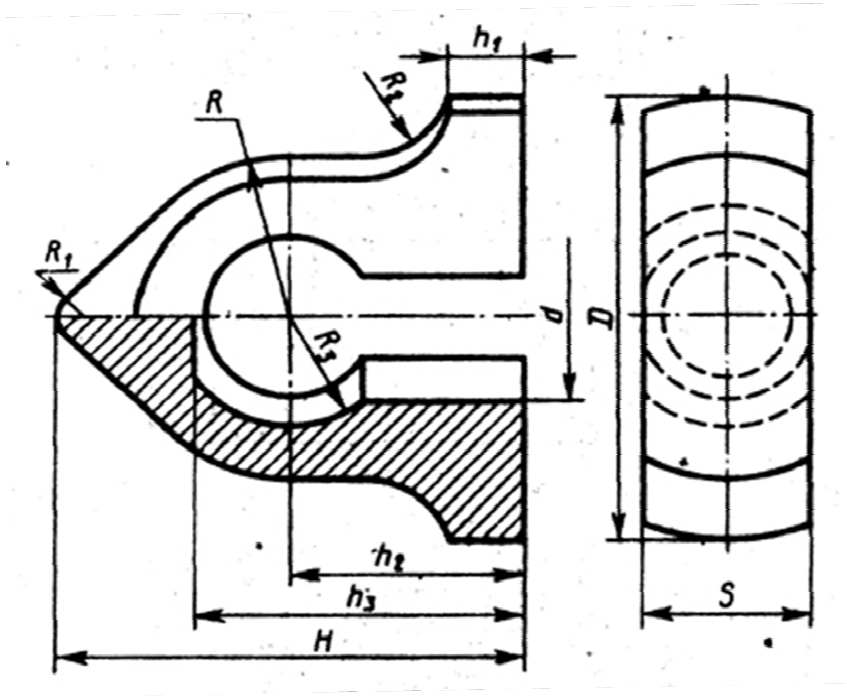


Рис. 17 (окончание)



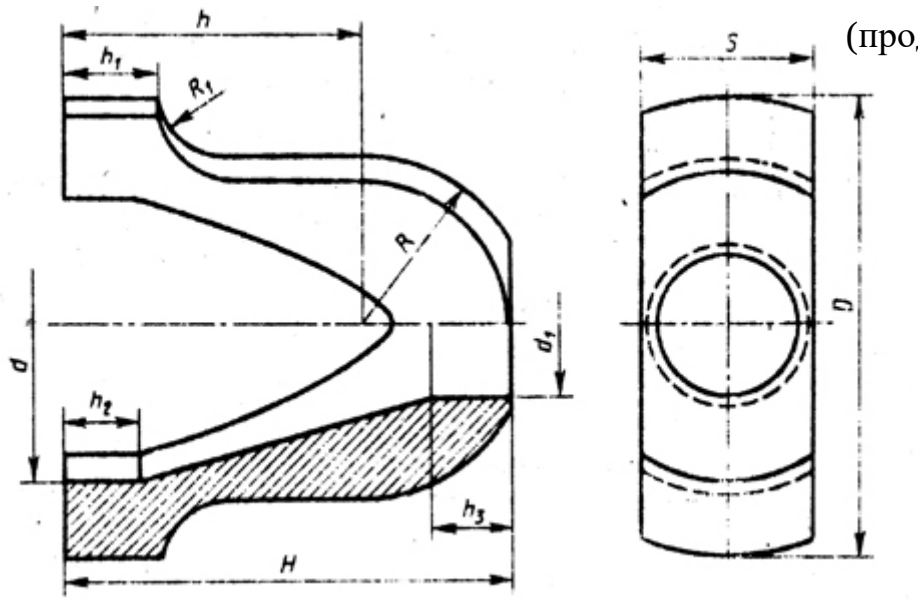
Вариант	*H*	*D*	*S*	h_1	h_2	h_3	*R*	R_1	*d*	d_1
1	100	110	50	65	20	75	40	15	70	30
7	115	120	55	78	22	85	45	20	85	32
13	120	125	56	80	25	90	46	22	86	35



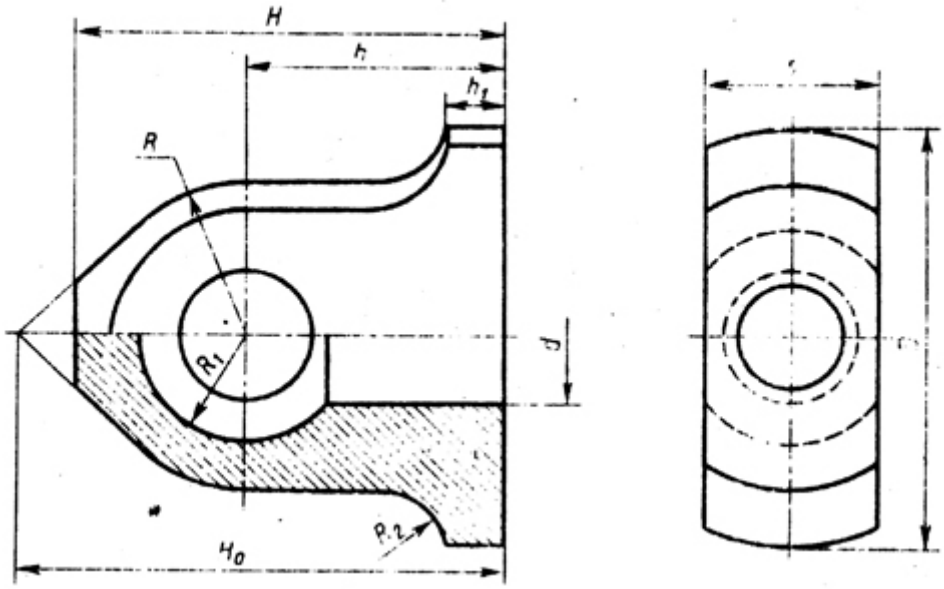
Вариант	*H*	*D*	*S*	h_1	h_2	h_3	*R*	R_1	R_2	R_3	*d*
2	100	110	45	15	46	70	40	8	18	30	50
8	110	130	52	20	60	90	45	10	22	35	60
14	160	140	55	25	75	105	50	15	25	36	58

Рис. 18

(продолжение)

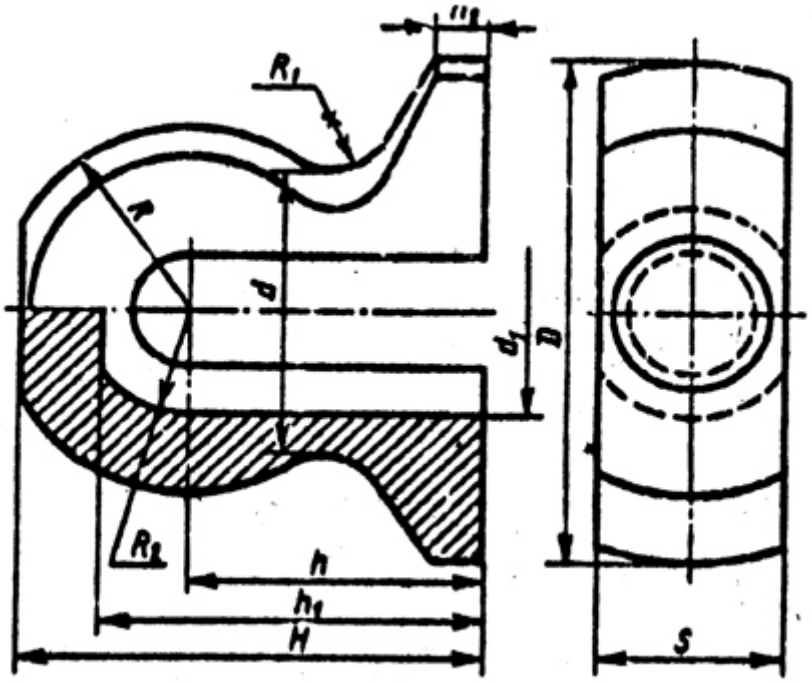


Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	*R*	R_1	*d*	d_1	h_2	h_3
4	148	150	60	100	30	52	25	100	40	25	30
10	155	140	55	110	35	50	22	95	35	20	25
16	160	145	58	112	40	51	21	105	38	32	35

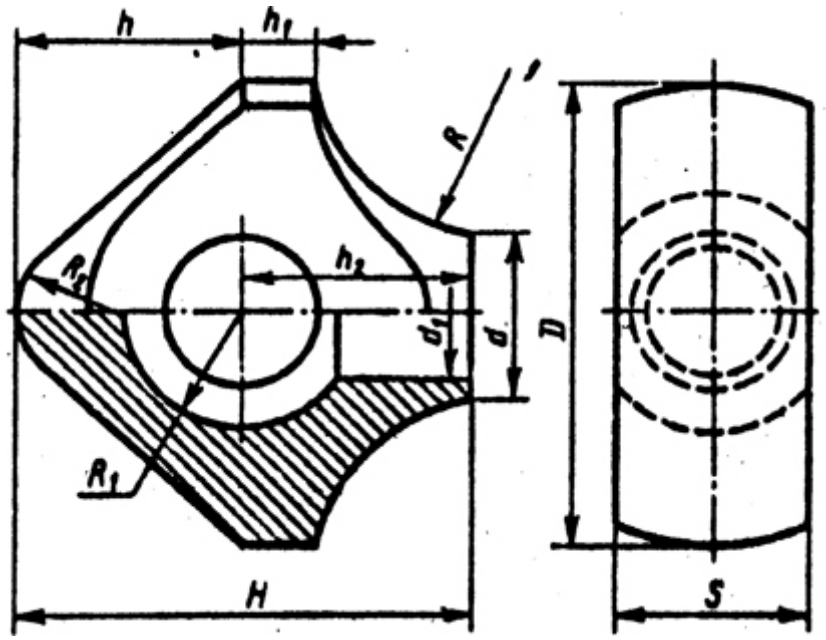


Вариант	H_0	*H*	*D*	*S*	*R*	*h*	h_1	*d*	R_1	R_2
3	158	140	142	50	40	75	20	40	30	20
9	165	145	130	46	48	90	31	45	32	22
15	200	170	140	52	50	104	40	42	34	24

Рис. 18 (продолжение)



Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	h_2	*R*	R_1	R_2	*d*	d_1
5	120	125	52	78	100	12	48	18	30	75	60
11	105	120	50	68	92	10	43	15	28	70	56
17	140	130	65	95	122	20	50	20	32	78	64



Вариант	*H*	*D*	*S*	*h*	h_1	h_2	*R*	R_1	R_2	*d*	d_1
6	100	110	48	50	15	45	50	30	25	40	30
12	105	120	50	55	18	48	45	32	20	45	25
18	115	125	52	60	20	50	48	35	22	46	28

Рис. 18 (окончание)

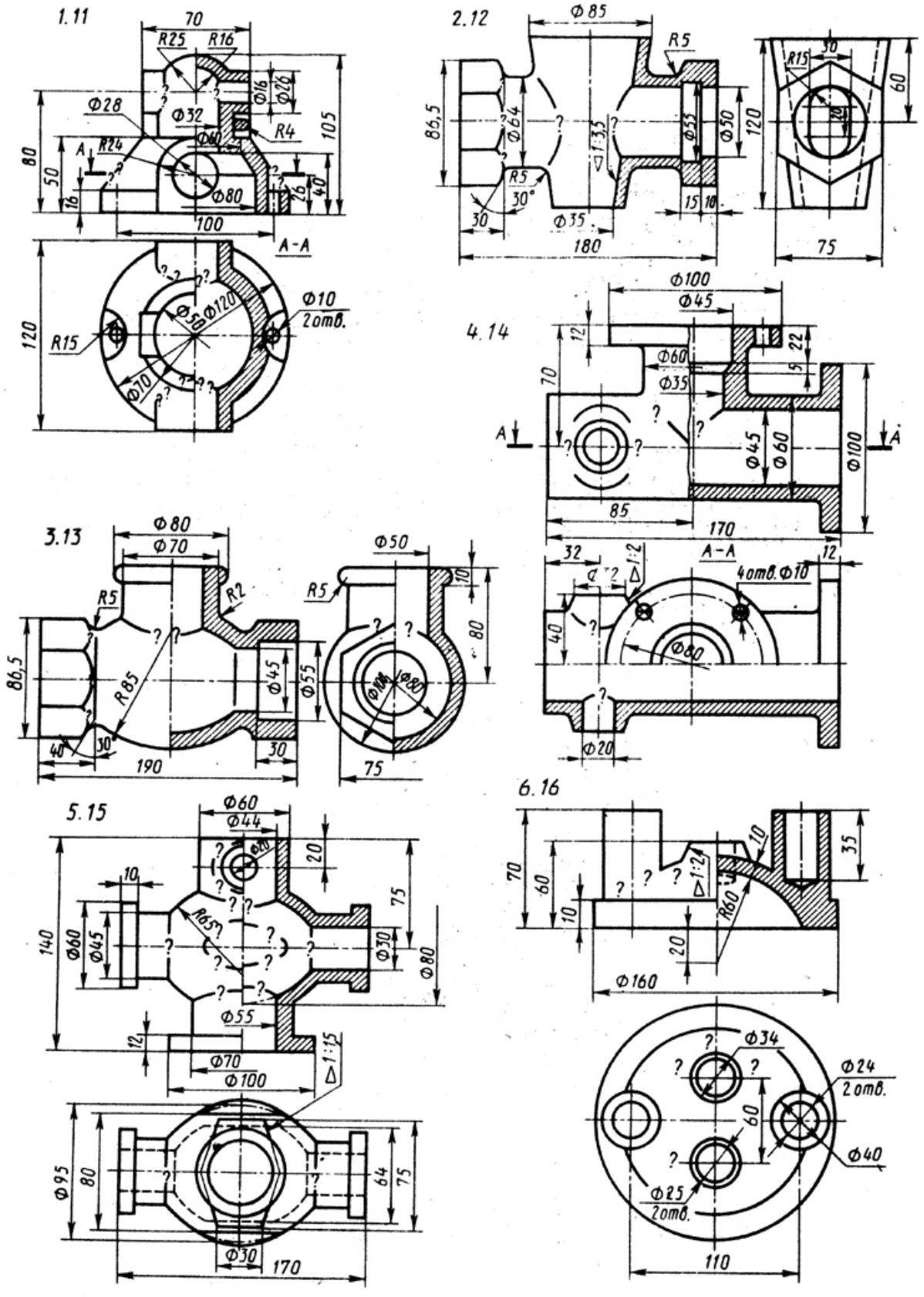


Рис. 19

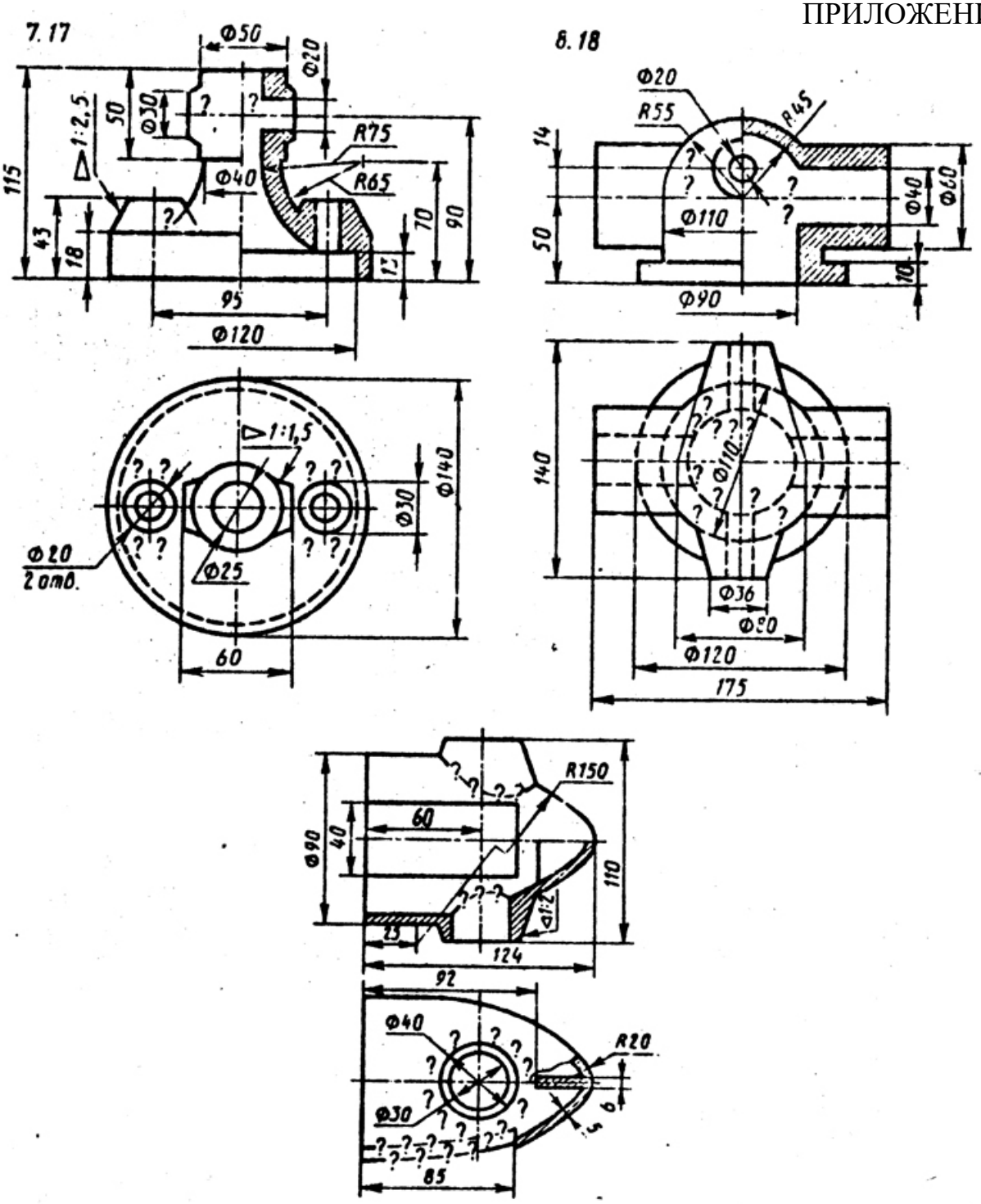


Рис. 19 (окончание)

Приложение 9

Вариант	Резьба	Длина болта	Исполнение			ГОСТ		
			болта	гайки	шайбы	болта	гайки	шайбы
1, 10, 19	М16	70	1	1	1	7798-70	5915-70	11371-78
2, 11, 20	М18×l,5	80	2	2	-	7796-70	15521-70	6402-70
3, 12, 21	М20	90	1	1	2	7805-70	5927-70	11371-78
4, 13, 22	М16xl,5	70	2	2	-	7798-70	5918-73	6402-70
5, 14, 23	М18	80	1	1	1	7796-70	15521-70	11371-78
6, 15, 24	М 20×l,5	90	2	2	-	7805-70	5918-73	6402-70
7, 16, 25	М16	70	1	1	-	7805-70	5927-70	6402-70
8, 17, 26	М 18×1,5	80	2	2	2	7798-70	5918-73	11371-78
9, 18, 27	М20	90	1	1	2	7796-70	15521-70	11371-78

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 (окончание)

Вариант	Резьба	Длина шпильки, мм	Исполнение			ГОСТ		
			шпильки	гайки	шайбы	шпильки	гайки	шайбы
1, 10, 19	М16×1,5	50	-	1	-	22036-76	5918-73	6402-70
2, 11, 20	М18	55	-	1	1	22034-76	5915-10	11371-78
3, 12, 21	М20×1,5	60	-	2	-	22032-76	5918-73	6402-70
4, 13, 22	М16	50	-	1	1	22038-76	5916-70	11371-78
5, 14, 23	М18×l,5	55	-	2	-	22036-76	5918-73	6402-70
6, 15, 24	М20	60	-	1	1	22034-76	5915-70	11371-78
7, 16, 25	М16×1,5	50	-	1	2	22040-76	5918-73	11371-78
8, 17, 26	М18	55	-	1	-	22036-76	5916-70	6402-70
9, 18, 27	М20×1,5	60	-	2	2	22032-76	5918-13	11311-78

Литература

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 1. – 128 с.; Т. 2. – 560 с.; Т. 3. – 560 с.

2. Богданов В. Н. , Малежик И. Ф. и др. Справочное руководство по черчению – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

3. Вяткин Г. П., Андреева А. Н. Машиностроительное черчение. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2. 301-68 …ГОСТ 2.321-84). –М.: Издательство стандартов, 1988. – 240 с.

5. Федоренко В. А., Шошин А. И. справочник по машиностроительному черчению. - – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I. НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ……..3

Введение……4

Контрольная работа №1 ……..5

Контрольная работа №2 .....……14

Контрольная работа №3 ……..24

ПРИЛОЖЕНИЕ (11 таблиц)……30

Литература……41

Часть II. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ……...42

Контрольная работа №4 ….……43

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному изображению.……43

Вопросы для самопроверки……...45

Тема 2. Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию……47

Вопросы для самопроверки ……..48

Тема 3. Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов и сечений ……...49

Вопросы для самопроверки ……...50

Тема 4. Построение линий среза ……..53

Тема 5. Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей ……...56

Контрольная работа №5 ……..59

Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей……..59

Тема 7. Составление эскизов деталей машин ……65

Тема 8. Выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия ……..69

Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия ……71

Тема 10. Курсовая работа ……...72

Литература ……73

ПРИЛОЖЕНИЯ ……...74
Приложение 1 ……74
Приложение 2 ……75
Приложение 3 ……76
Приложение 4 ……77-78
Приложение 5 ……79-81
Приложение 6 ……82-83
Приложение 7 ……84-86
Приложение 8 ……87-88
Приложение 9 ……89-90
Литература ……91

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Т. Е. Савина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD»

по дисциплинам:

«Инженерная и компьютерная графика»,

«Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика»

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-технологического
факультета
« __ »_____ 2017 г.
Председатель комиссии
_____ Кокарев К. В.

Т. Е. Савина

Методическое пособие по выполнению практической работы «Создание проекционного чертежа средствами AutoCAD» по дисциплинам: «Инженерная и компьютерная графика», «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

Ш20

Рецензент: *Е. И. Шангина,* д-р пед. н., к.т.н., профессор кафедры ИГр УГГУ.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 07.09.2017 г. (протокол № 1) и рекомендованы для издания в УГГУ

Савина Т. Е.

Ш20 Методическое пособие по выполнению практической работы «СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИЕННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD» курсу «Компьютерная графика» для студентов всех специальностей /Т. Е. Савина. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 31 с.

В методическом пособии изложена последовательность и порядок построения проекционного чертежа в системе AutoCAD. Варианты индивидуальных заданий приведены в приложении. Дан пример выполнения графической работы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ……3

1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ……..4

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ……6

3. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 2D ЧЕРТЕЖА……..8

4. ПРИЛОЖЕНИЕ…… …19

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…… …….32

СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD

Цель задания:

-закрепление навыков работы с командами построения и редактирования системы AutoCAD в процессе выполнения чертежа, оформленного в соответствии с требованиями стандартов Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД).

Задание содержит 12 вариантов, приведённых в приложении.

По двум заданным изображениям детали построить проекционный чертеж в трех проекциях, на месте соответствующих видов выполнить необходимые разрезы (ГОСТ 2.305-68). Выполнить компоновку чертежа на формате А3 (ГОСТ 2.301-68), с основной надписью формы 1 (ГОСТ 2.104-68).

1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

При выполнении задания необходимо опираться на ГОСТ 2.305-68, 2.307-68, знать интерфейс, основные понятия и принципы работы в системе AutoCAD.

Используя проекционную связь между данными в варианте изображениями, выявить геометрические формы элементов детали, с четким разграничением внутренних и наружных поверхностей. В задании внутренний контур показан штриховыми линиями, для его выявления необходимо использовать разрезы и сечения. Разрезы располагать на месте соответствующих видов. При наличии плоскости симметрии, совмещать половину вида с половиной разреза на одном изображении. После выполнения разрезов штриховые линии на видах не показывают.

Изображения на чертеже располагать равномерно, расстояния между ними выбирать с учетом простановки размеров в соответствии с ГОСТ 2.307-68. При простановке размеров необходимо помнить:

1.Размеры указывают истинные, независимо от масштаба, в котором выполнен чертеж.

2.Линейные размеры проставляют в миллиметрах, без указания размерности, угловые – с единицами измерения (градусы, минуты, секунды).

3.В машиностроительном черчении не допускается замкнутая размерная цепочка.

4.Минимальное расстояние между размерной линией и линией контура – 10 мм, между последующими размерными линиями – 7 мм. Чтобы размерные линии не пересекались сначала (ближе к контуру) ставят меньшие размеры.

5.Если изображения состоят из половины вида и половины разреза, то размерные линии обрывают за осью симметрии, при этом размерное число ставят полным и ближе к середине.

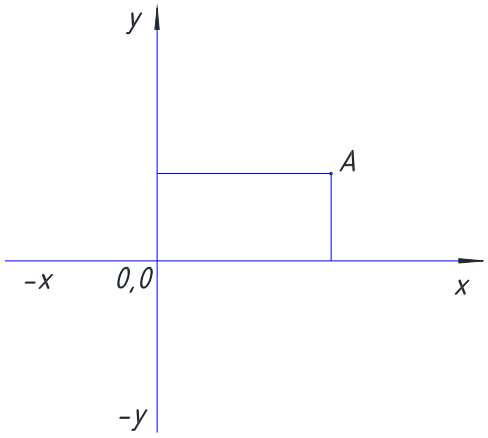
6. Размеры, относящиеся к наружным и внутренним поверхностям, группируют отдельно: наружные – со стороны вида, внутренние – со стороны разреза.

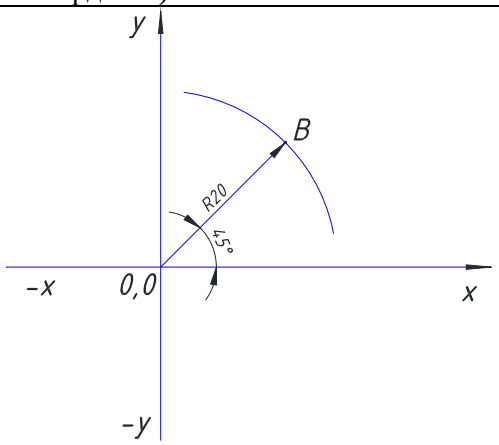
7.Размеры относящиеся к одному и тому же элементу (отверстию, пазу и т.п.), располагают в одном месте того изображения, где наиболее полно читается его форма.

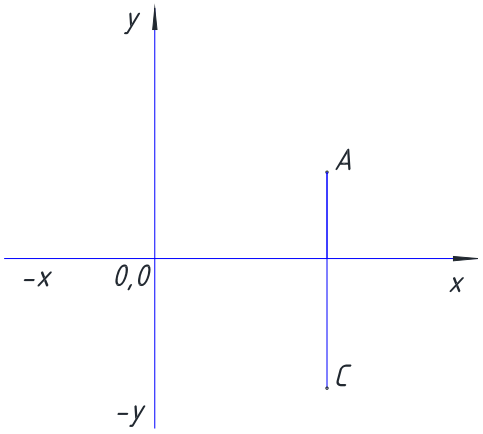
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

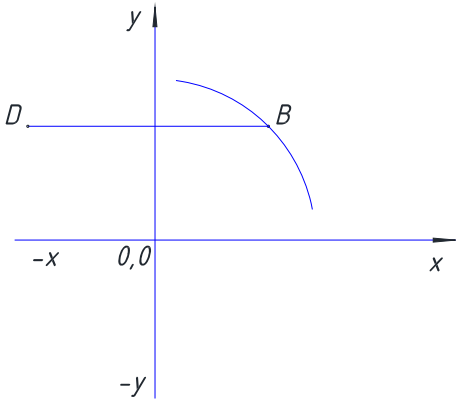
- Все изображения строятся в пространстве модели, в масштабе 1:1.
- Фрагменты чертежа: осевые и центровые линии, вспомогательные построения, чистовая обводка, размерные лини и т.д. принято размещать на разных слоях. Послойная грамотная организация чертежа позволяет сократить время по его разработке.
- Точность геометрических построений обеспечивается способами задания точки:

1. Координатный (ввод с командной строки)

<table>
<tr><th>Прямоугольные координаты</th><th>Полярные координаты</th></tr>
<tr><td colspan="2">Абсолютные
(отсчет от начала системы координат)</td></tr>
<tr><td> 

x, y
т.A: 20,10</td><td> 

R< φ
т.B: 20<45</td></tr>
<tr><td colspan="2">Если в строке состояния включен режим ДИН (динамический ввод), то перед абсолютными координатами необходимо указывать символ #</td></tr>
<tr><td colspan="2">Относительные
(отсчет от последней введенной точки, первую точку задать НЕЛЬЗЯ)</td></tr>
<tr><td> 

@x,y
т.C: @0,-25</td><td> 

@R< φ
т.D: @30<180</td></tr>
</table>

2. Применение режимов рисования таких, как **СЕТКА** и **ШАГ**, **ОРТО** или **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ**, **ОБЪЕКТНЫЕ ПРИВЯЗКИ**.
Соответствующие кнопки находятся на строке состояния.

Кнопка  режима **СЕТКА (F7)** позволяет включать или выключать отображаемую на экране сетку из линий с настраиваемым шагом. Эта видимая сетка может не совпадать с невидимой сеткой, используемой в режиме **ШАГ**.

Кнопка  режима **ШАГ (F9)** дает возможность включать или выключать шаговую привязку к точкам невидимой сетки с определенным настраиваемым шагом (перемещение курсора тогда осуществляется не непрерывно, а только по узлам этой сетки) или полярную привязку (в этом случае, при включении **ПОЛЯРНОГО ОТСЛЕЖИ-ВАНИЯ,** движение курсора вблизи заданных углов осуществляется с заданными направлением и шагом).

Кнопка  **ОРТО (F8)** включает и выключает режим ортогональности (курсор перемещается вертикально и горизонтально).

Кнопка  режима **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ (F10)** является расширением режима ОРТО на углы с некоторым настраиваемым шагом.

Кнопка  режима **ПРИВЯЗКА (F3)** позволяет включить или выключить постоянное действие объектных привязок (привязок к характерным точкам существующего объекта).

3. Быстрый метод «**Направление + расстояние»**. Направление фиксируется с помощью одного из режимов **ОРТО** или **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ**, а расстояние задается с клавиатуры без символа @.

Любое изображение создается с помощью базового набора графических примитивов. К наиболее часто используемым примитивам относятся **ОТРЕЗОК (LINE)**, **ОКРУЖНОСТЬ (CIRCLE)**, **ДУГА (ARC)**, **ПОЛИЛИНИЯ (POLYLINE)** и т.д.

При выполнении задания важную роль играют команды редактирования:

- Для четкой разметки элементов изображения целесообразно использовать команду **ПОДОБИЕ (OFFSET)** позволяющую создавать параллельные отрезки и полилинии, концентрические дуги и окружности, подобные существующим и отстоящие от исходных на заданное расстояние.
- При наличии симметрии достаточно построить половину изображения и отобразить с помощью команды **ЗЕРКАЛО (MIRROR)** относительно заданной оси, которая определяется двумя точками.

- Повторяющиеся объекты размножить командами **КОПИРОВАТЬ** (**COPY)** или **МАССИВ (ARRAY).**
- Для построения фасок и сопряжений применить команду **ФАСКА (CHAMFER)** и **СОПРЯЖЕНИЕ (FILLET).**
- Для удаления части объекта использовать команду **ОБРЕЗАТЬ (TRIM),** которая удаляет объект с помощью пересекающих его других объектов (режущих кромок) или команда **РАЗОРВАТЬ (BREAK),** позволяющий удалить части примитива в 2х указанных точках.
- После завершения всех построений необходимо выполнить компоновку изображений внутри выбранного формата. Для этого применяется команда **ПЕРЕНЕСТИ (MOVE)** и при необходимости **МАСШТАБ (SCALE).**

Завершающий этап – простановка размеров и выполнения текстовых надписей. Предварительно необходимо настроить текстовый и размерный стили в соответствии с ЕСКД.

3. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 2D ЧЕРТЕЖА

Порядок построения чертежа рассмотрим на примере варианта 13

1. Запустить AutoCAD. Создать новый файл-чертеж на основе шаблона **Acadiso.dwt** (папка *Template*) с именем соответствующим названию детали. Файл сохранить в предварительно созданной папке, названной по фамилии студента в папке *Мои документы*. Например:*Основание.dwg/Иванов_ЭЭТ/Мои документы*
2. Настройки и рабочая среда чертежа
Выбранный шаблон позволит сэкономить время на настройку единиц измерения и лимитов (границ) чертежа. Шаблон **Acadiso.dwt** уже имеет необходимые настройки: метрические единицы и границы 420х297мм.
3. Настроить интервал видимой сетки -10 мм, интервал шаговой привязки - 5мм. Диалоговое окно **Режимы рисования** (рис 1) можно вызвать, щелкнув правой кнопкой мыши на одной из кнопок соответствующих режимов, например, **ШАГ.** После настройки параметров шага и сетки перейти на вкладку **Объектная привязка** и выбрать следующие привязки: кон. точка; точка пересечения ; центр; касательная.

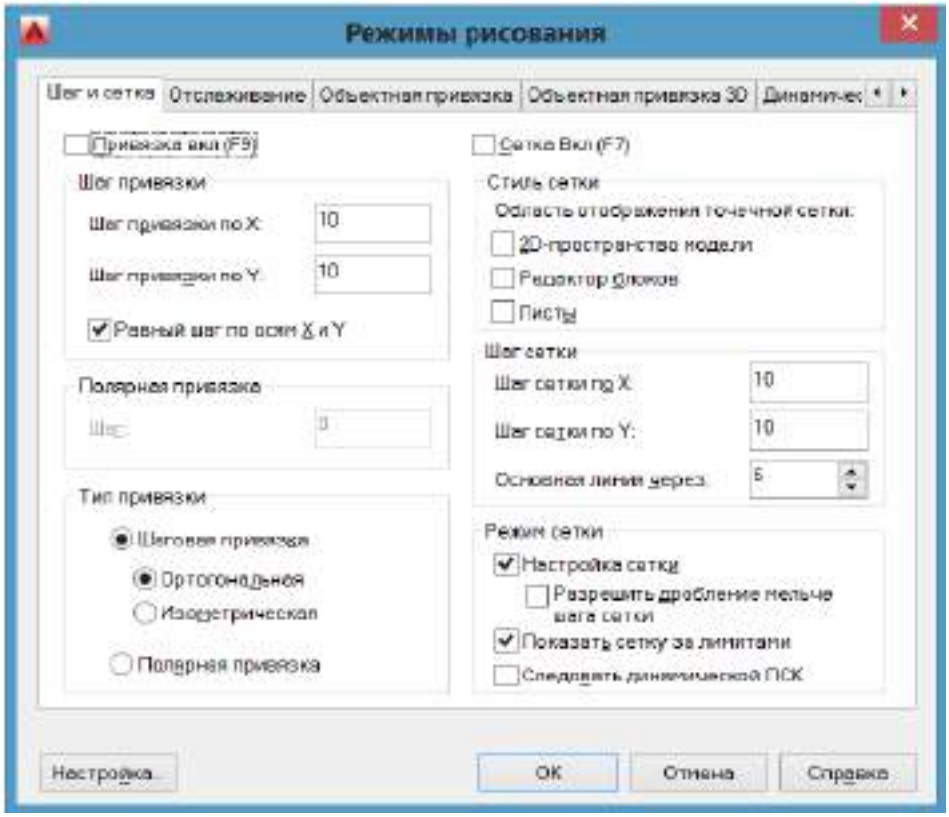


Рис.1

4. Создать слои. Открыть диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев,** рис.2 (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Слои** →  **),** выбрать команду **СОЗДАТЬ СЛОЙ** 



Рис.2

Название	Цвет	Тип линии	Вес (толщина) линии, мм
Слой ***Оси***	красный	штрихпунктирная	0.15
Слой ***Черновик***	зеленый	сплошная	0.15
Слой ***Контур***	белый или черный (контрастный по отношению к фону в окне чертежа)	сплошная	0.5
Слой ***Штриховка***	синий	сплошная	0.15
Слой ***Размеры***	синий	сплошная	0.15
Слой ***Рамка***	белый или черный	сплошная	0.15

*Обратите внимание на свойства объекта (примитива): цвет, тип и толщина линий должны быть настроены «по слою» (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Свойства**). Толщина линий отображается при включенном режиме **отображение/скрытие веса линий** 

5. Сделать текущим слой «Оси».

Проведем осевые и центровые линия вида сверху с которого удобнее начать построение .

Команда **ОТРЕЗОК**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): построить горизонтальную линию от т.1 (50;100) длиной 220 мм (т.2). Вертикальную линию от т.3 (85,50) длиной 108мм (т.4), рис.3.

Проведем с помощью команды **ПОДОБИЕ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**) вторую вертикальную линию на расстояние 110 мм справа от первой, рис.3.

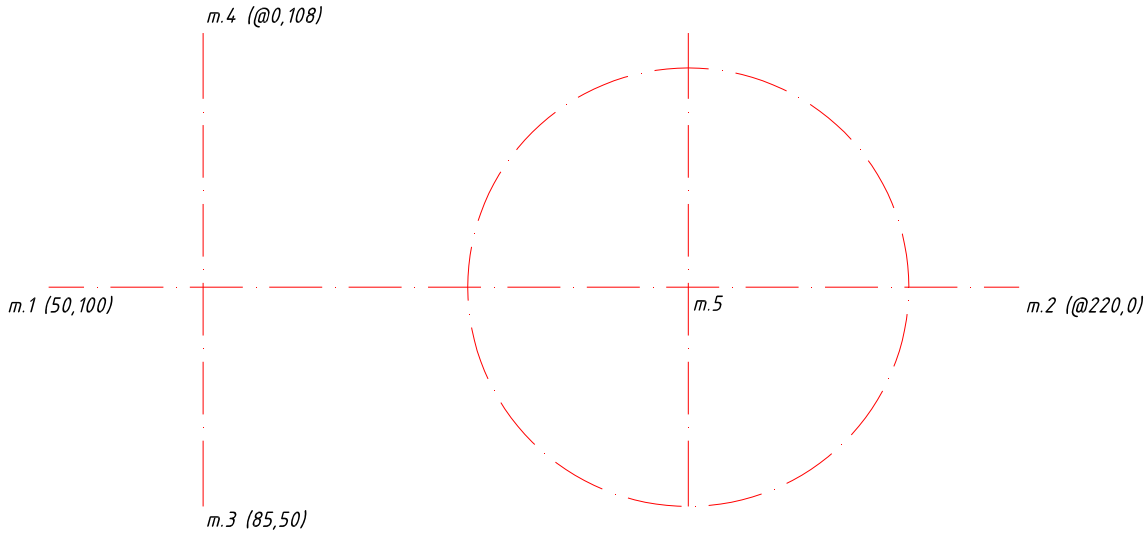


Рис. 3

Построить окружность (команда **ОКРУЖНОСТЬ**  **- Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**) с центром в т.5 ,которая выбрана с помощью объектной привязки пересечение, и R 50.

6. Текущий слой «Контур»

Построить 4 окружности, см рис.4:

- окружность O_1, R70
- окружность O_2, R10
- окружность O_3, R16
- окружность O_3, R32

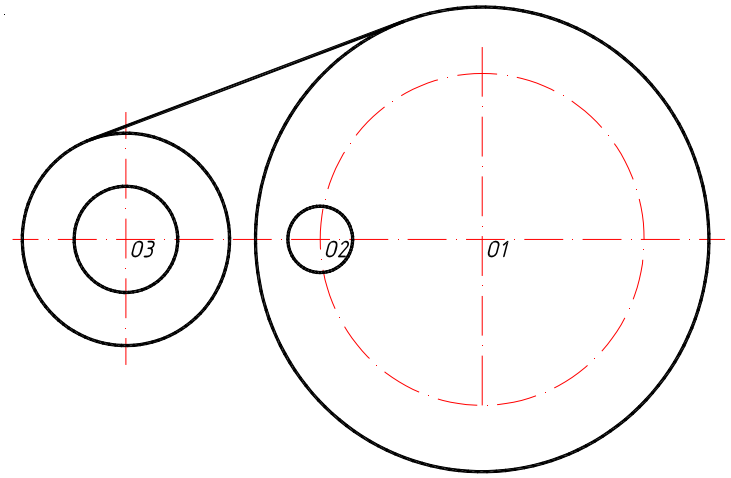


Рис. 4

Провести внешнюю касательную к окружности (O_3, R32) и окружности (O_1, R70):

Команда **ОТРЕЗОК:**

от точки : указать т-ку на окружности задающую первую касательную (объект. привязка «кас» включена)

След. точка: указать точку на другой окружности, задающий вторую касательную рис.4.

Зеркально отобразить построенный отрезок. Команда **ЗЕРКАЛО**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**):

Выбрать отрезок, подтвердить выбор (клавиша «Enter»).

Указать с помощью объектной привязки пересечение т. O_1 и O_3. Исходный объект не удалять.

Удалить часть окружности (O_3, R32) между касательными. Команда **ОБРЕЗАТЬ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**): сначала указать «режущие кромки» - все касательные, подтвердить выбор нажатием клавиши «Enter».В ответ на следующий запрос необходимо выбрать ту часть окружности, которую надо удалить. Результат см. на рис. 5.

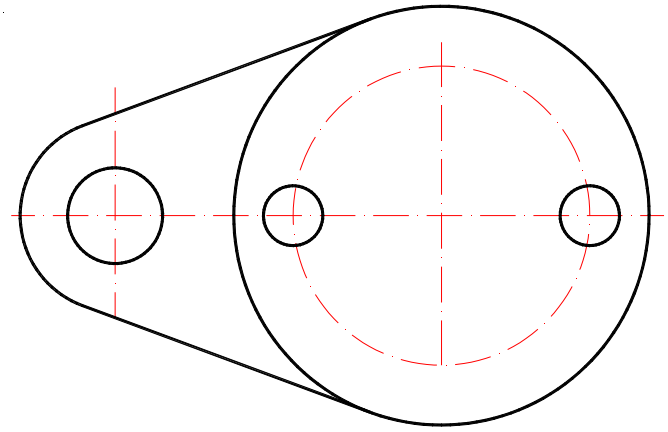


Рис. 5.

Скопировать окружность R=10. Команда **КОПИРОВАТЬ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**): позволяет выбрать выбранные объекты параллельно вектору переноса, который задается начальной и конечной точкой.

7. Текущий слой «Черновик», на котором нужно выполнить вспомогательные построения для отверстия со шпоночным пазом и ребра жесткости. Построить окружность с центром O_1 и R=30. Наметить ширину и глубину шпоночного паза.

Команда **ПОДОБИЕ**: величина смещения 8 мм, выбрать вертикальную центровую линию, указать произвольную точку сначала справа, затем слева от этой линии.

Команда **ПОДОБИЕ:** величина смещения 36 мм, выбрать горизонтальную штрих пунктирную линию, указать точку ниже исходной линии, (рис 6).

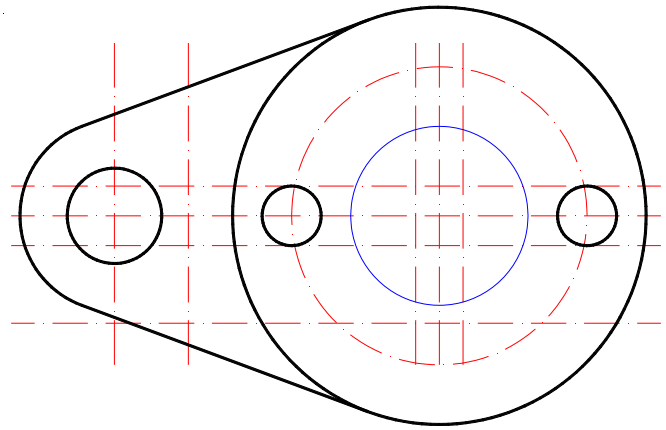


Рис. 6

Толщину и длину ребра жесткости так же наметить с помощью команды **ПОДОБИЕ** в соответствии с размерами элемента, заданными на исходном чертеже (см. задание).

Все полученные, в результате выполнения этой команды, линии находятся на слое «оси», так же как и исходный объект.

Чтобы перенести эти линии на слой «Черновик», необходимо выбрать линии и изменить слой на ленте меню или в окне свойства.

8. Текущий слой «Контур»

Произвести чистовую обводку контуров отверстия со шпоночным пазом. Используя команду **ПОЛИЛИНИЯ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): построить линейные и дуговые сегменты, точки задать с помощью объектной привязки **пересечение**. Обводку дуги удобнее выполнить против часовой стрелки. Контур ребра жесткости так же выполнить командой **ПОЛИЛИНИЯ**, рис. 7.

9. На месте главного вида необходимо построить фронтальный разрез.

Текущий слой «черновик».

Наметить длину с помощью линий проекционной связи. Построить вертикальные линии: от точки – указать первую точку с помощью объектной привязки **пересечение** на виде сверху; вторая точка – указать курсором при включенном режиме **Орто**, либо задать через относительные координаты (длина 210 мм), рис. 8.

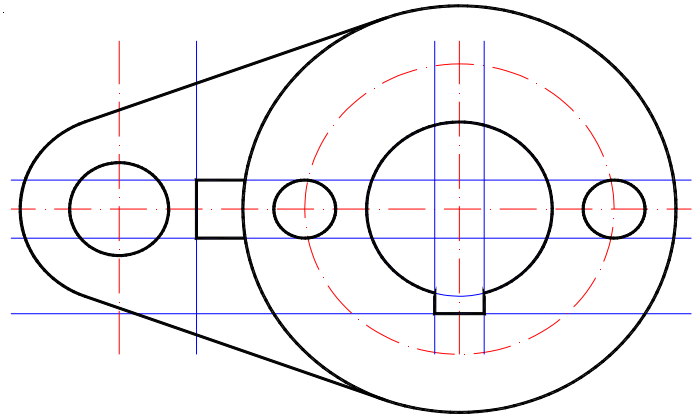


Рис.7

Разметку по высоте удобно выполнить с помощью команды **ПОДОБИЕ**. Выбрать горизонтальную осевую линию и построить подобную ей на расстоянии 130мм к верху от исходной. Построить еще две параллельные линии на расстоянии соответственно 30 и 50 мм к верху от предыдущей. Все три построенные линии перенести на слой «Черновик», рис.8.

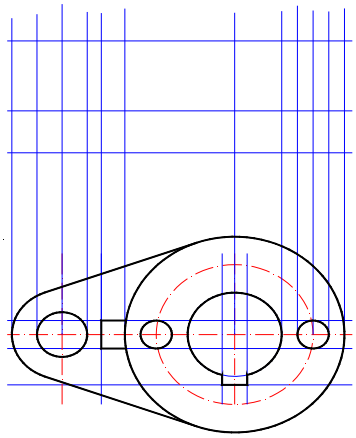


Рис.8

10. Текущий слой «Контур».
Командой **ПОЛИЛИНИЯ** выполнить:

-обводку внешнего контура, указав точки с помощью объектной привязки **пересечение**;

-ребра жесткости;

-обвести очерковые образующие отверстий в основании и цилиндрической части. Для построения отверстий в цилиндрической части рекомендуется использовать команду **ЗЕРКАЛО**, рис.9.

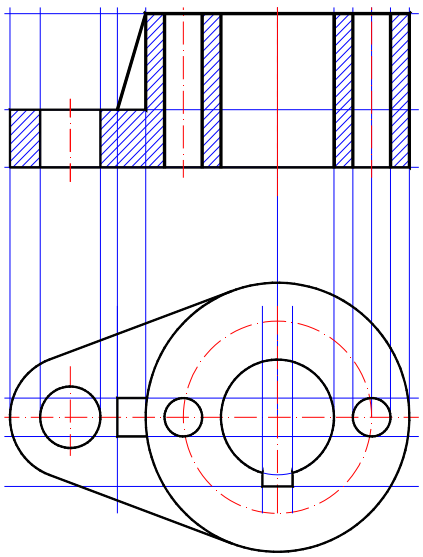


Рис.9

11. Текущий слой «Штриховка».

Команда **ШТРИХОВКА**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): выбрать образец ANSI и указать по одной точке внутри каждой из замкнутых областей, подлежащих штриховке, рис. 10.

12. Текущий слой «Оси».

Командой **ОТРЕЗОК** провести осевые линии поверх линий проекционной связи, выходя за контур на 3-5 мм, рис. 10.

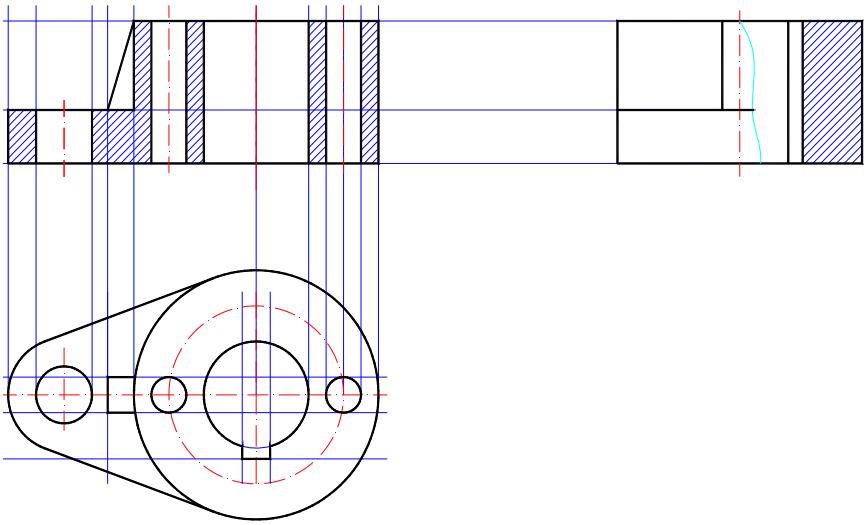


Рис. 10.

13. Строим вид слева, используя местный разрез для выявления шпоночного паза. Текущий слой «Черновик».

Наметить высоту элементов с помощью линий проекционной связи.

Команда **ОТРЕЗОК**: провести три горизонтальные линии (рис. 10), длиной примерно 250мм.

Для разбивке по ширине применить команду **ПОДОБИЕ**.

Дальнейшие построения выполнить самостоятельно по вышеописанной схеме (см. построение фронтального разреза).

Разграничить вид и разрез сплошной волнистой линией. Так как это линия сплошная тонкая выполнить ее можно на слое «Штриховка» командой **СПЛАЙН**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**).

14. Оформить 2D чертеж возможно как в пространстве листа, так и в пространстве модели. В целях облегчения усвоения материала выберем второй вариант.

Для оформления чертежа необходима рамка формата А3 с основной надписью формы1. Если готовая рамка с основной надписью есть, то вставить ее в текущий файл можно через буфер обмена или как внешний блок.

Чтобы вычертить рамку надо сделать текущим слой «Рамка». Толщина линий на этом слое равна 0.2 мм, толщину основных линий зададим командой **ПОЛИЛИНИЯ.**

С помощью команды **ПРЯМОУГОЛЬНИК**  **(Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование)** наметим границы формата (первый угол:0, 0; второй угол:420, 297)

Команда **ПОЛИЛИНИЯ.** Задать координаты первой точки рамки: 20,5; затем перейти на опцию **ширина** и задать начальную ширину:0.6; конечную ширину: 0.6. После указания ширины нужно указать координаты 2-й точки: @395,0;

координаты 3-й точки: @0,287;

координаты 4-й точки: @-395,0

и перейти на опцию **замкни.**

Основная надпись содержит линии различной толщины. Сначала вычертить границы рамки тонкими линиями.

Команда **ОТРЕЗОК.** Начертить последовательно вертикальный и горизонтальный отрезки

от точки: 215,50

до точки:@0,55

до точки:@185,0

Размножить построенные линии командой **ПОДОБИЕ,** удалить лишние фрагменты командой **ОБРЕЗАТЬ** и выполнить обводку основных толстых линий командой **ПОЛИЛИНИЯ** (рис. 11)

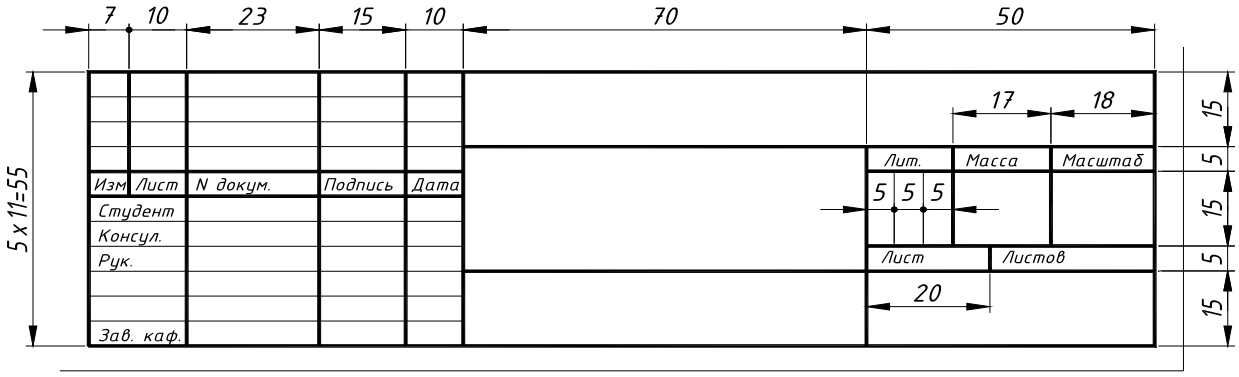


Рис.11.

Перед заполнением основной надписи необходимо настроить стиль текста. Диалоговое окно «Стиль текста» можно открыть через **Ленту:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации** →  **.** Это окно позволяет редактировать текущий или создать новый текстовый стиль, который определяется выбором шрифта *isocpeur*, наиболее соответствующего ЕСКД, высотой букв (в окне высоту задать о), углом наклона 15 градусов от вертикали.

Надписи выполнять командой **ТЕКСТ** (**Лента:** вкладка **Главная**→панель **Аннотации▼**→ ) высотой 2,5; 7; 5мм, высоту удобнее менять непосредственно в команде **ТЕКСТ.**

Компоновка чертежа. Изображения должны отстоять друг от друга, а также от рамки чертежа примерно на одинаковое расстояние по вертикали и горизонтали. Расстояния должны быть достаточными для простановки размеров и обозначений. Передвинуть изображения, при необходимости, позволяет команда **ПЕРЕМЕСТИТЬ,** уменьшить или увеличить команда **МАСШТАБ.** В нашем случае воспользуемся командой **МАСШТАБ**  (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**) и уменьшим изображения в 2 раза. После выбора объектов, указать базовую точку (точка, не меняющая своего положения, после масштабирования)

Простановка размеров. Размеры представляют собой сложные примитивы, состоящие из размерных чисел (текстовая составляющая), выносных и размерных линий. По умолчанию AutoCAD создает ассоциативные размеры, то есть зависимые от объектов, к которым они привязаны. Это означает, что при редактировании основного объекта будут автоматически изменяться и связанные с ним размеры.

Перед простановкой размеров рекомендуется настроить размерный стиль соответствующий требованиям ЕСКД через диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей» (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации▼** →  **.** В окне отображается список размерных стилей

текущего чертежа, текущий стиль выделен. Стиль определяет внешний вид размеров. Кнопка **Редактировать,** вызывает диалоговое окно **Изменение размерного стиля,** в котором производится изменение параметров стиля.

Вкладка **Текст** этого окна позволяет выбрать стиль и высоту текста (3,5 мм), ориентацию текста – согласно ИЗО.

Вкладка **Основные единицы** позволяет задать единицы измерения, точность и масштаб размерных чисел. В нашем примере масштаб равен **2**!

После настройки размерного стиля переходим непосредственно к простановке размеров.

Текущий слой «Размеры»

Проставим сначала высоту детали на главном виде. Команда **РЗМЛИНЕЙНЫЙ** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации** → ):

Начало первой выносной линии или<выбор объекта>: с помощью объектной привязки указать правую нижнюю точку на главном виде

Начало второй выносной линии: указать верхнюю правую точку

Положение размерной линии или [МТекст/Текст/Угол/Горизонтальный/Вертикальный/Повернутый]:требуется щелчком мыши указать точку на расстоянии не менее 10мм от крайней правой вертикальной контурной линии главного вида

Размерный текст<80>

По указанным на объекте точкам, система сама определяет какой тип размера (вертикальный, горизонтальный) необходимо проставить. Опции **МТекст** (многострочный текст**)** и **Текст** позволяют редактировать размерный текст. Можно полностью изменить текст или сохранить выведенное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, когда необходимо, текст до или после скобок. Так для указания знака диаметра перед размерным числом указывают символы %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.

Проставить все оставшиеся линейные размеры самостоятельно, рис.11.

Нанести радиальный размер – команда **РЗМРАДИУС (Лента:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации** →  **):**

Выберите дугу или круг: указать курсором дугу на виде сверху

Размерный текст <32>

Положение размерной линии или [МТекст/Текст/Угол]: указать точку местоположения размерной линии (она определяет внутри или снаружи будет расположен размер)

Обозначение фронтального разреза выполнить на слое «Размеры», используя команды **ПОЛИЛИНИЯ, ЗЕРКАЛО, ТЕКСТ,** самостоятельно, рис.12.

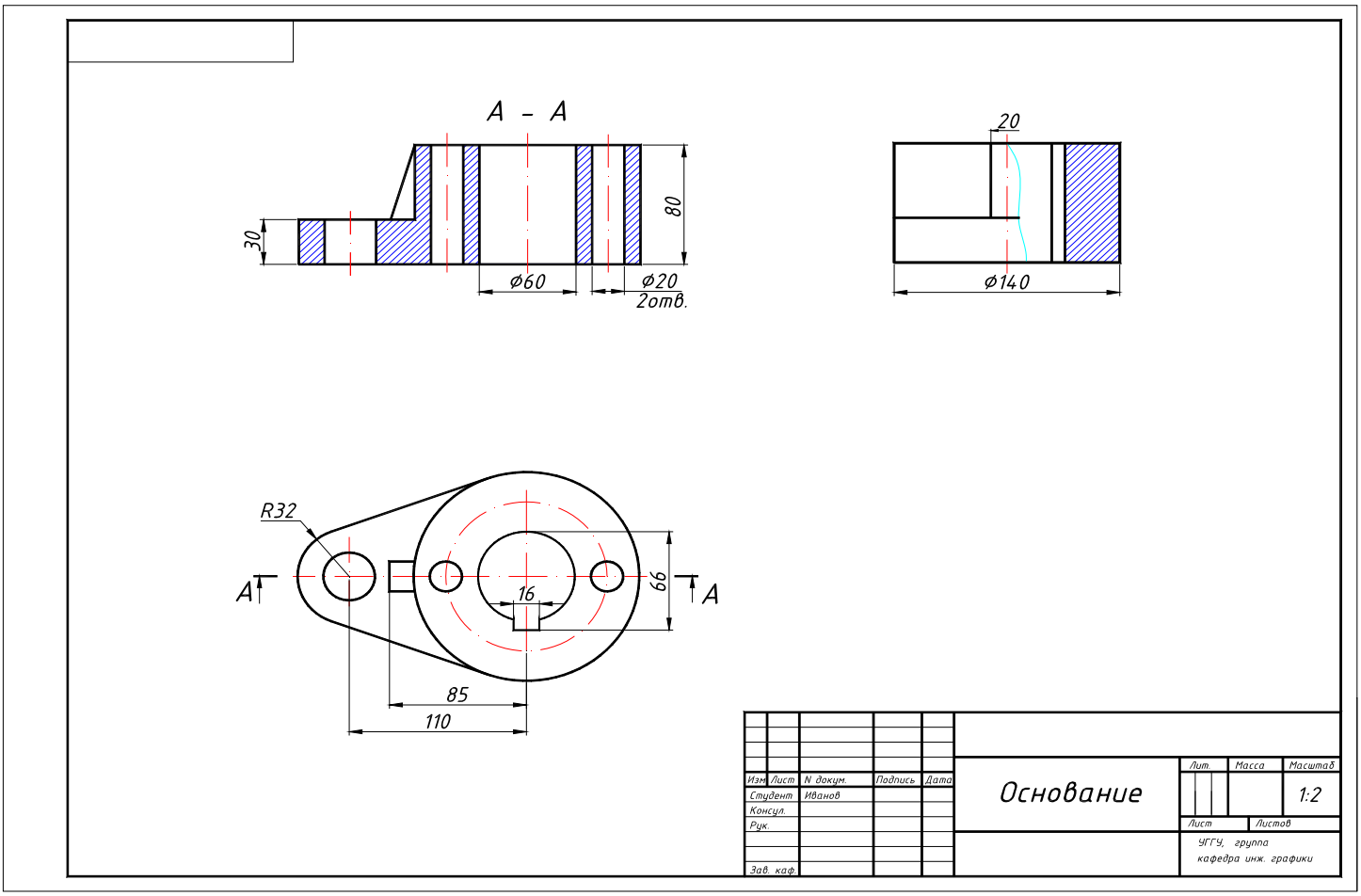
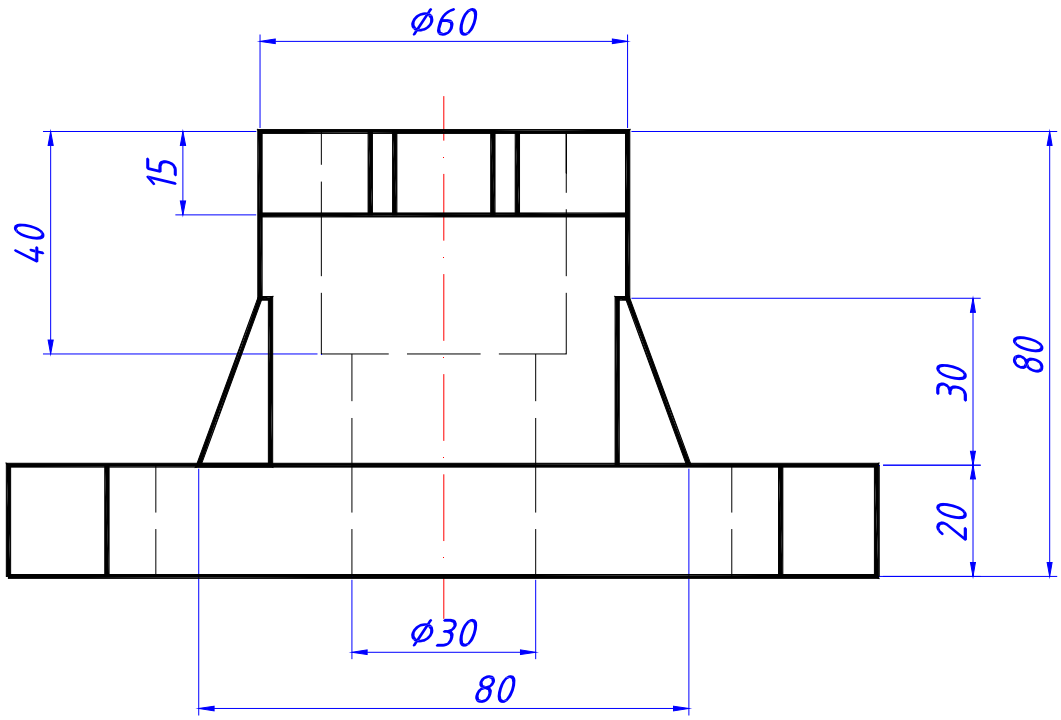
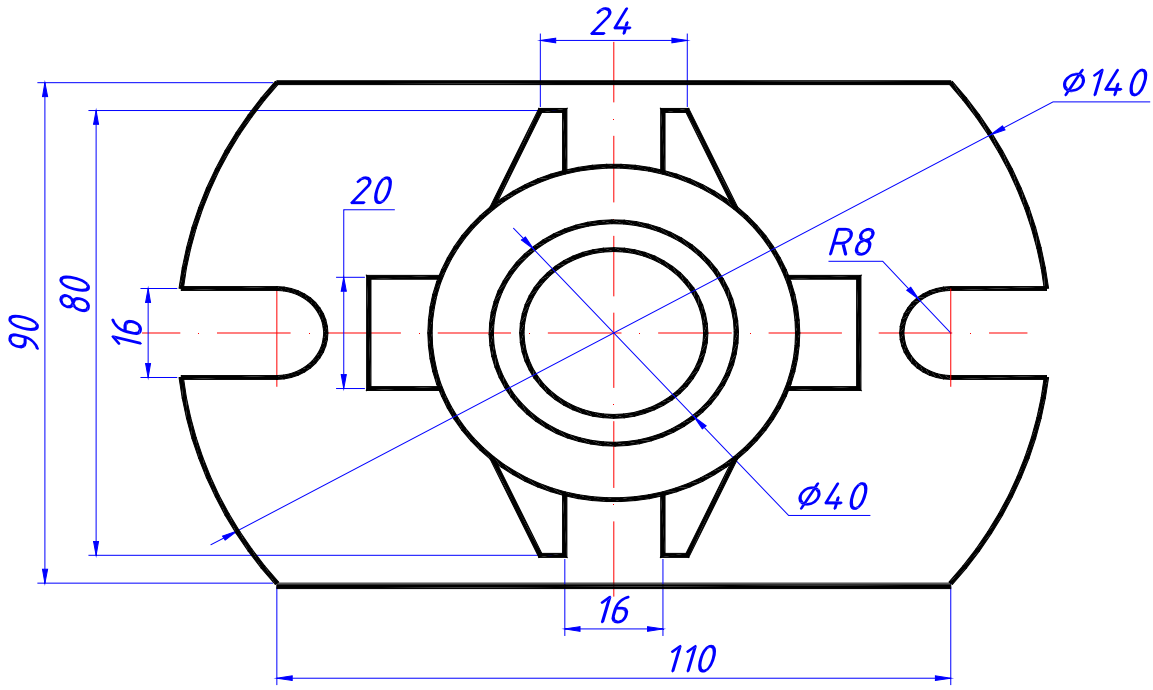

А - А
80
30
ø60
ø20
2отв.
20
ø140
R32
А
А
16
66
85
110
Основание
Изм. Лист N докум. Подпись Дата
Студент Иванов
Консул.
Рук.
Зав. каф.
Лит. Масса Масштаб
1:2
Лист Листов
УГГУ, группа
кафедра инж. графики

Рис.12

4. ПРИЛОЖЕНИЕ

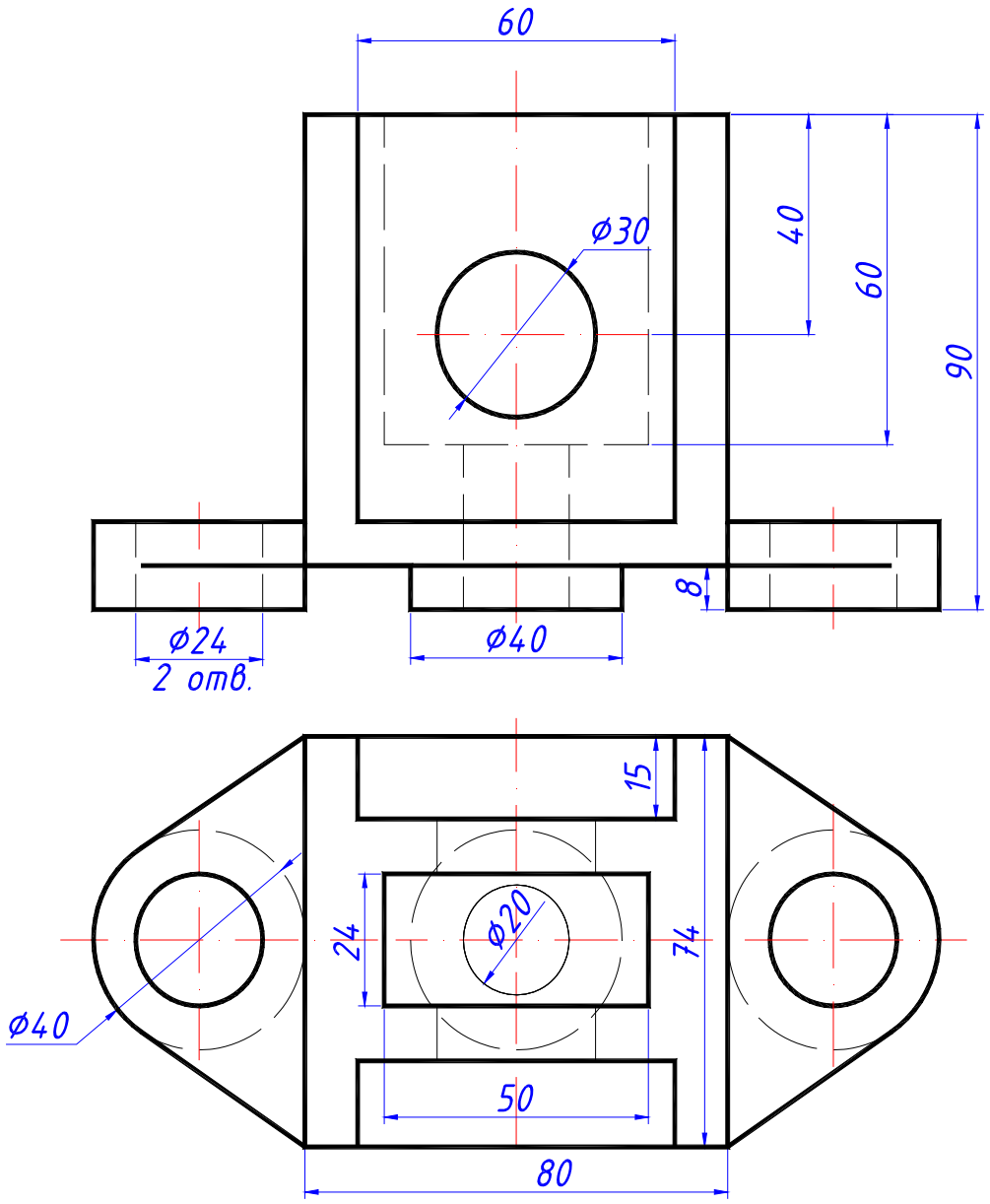
Вариант1





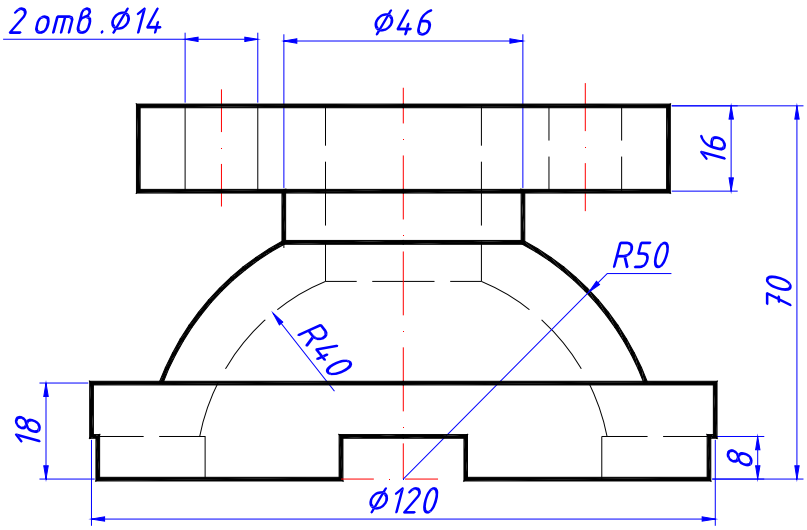
Корпус

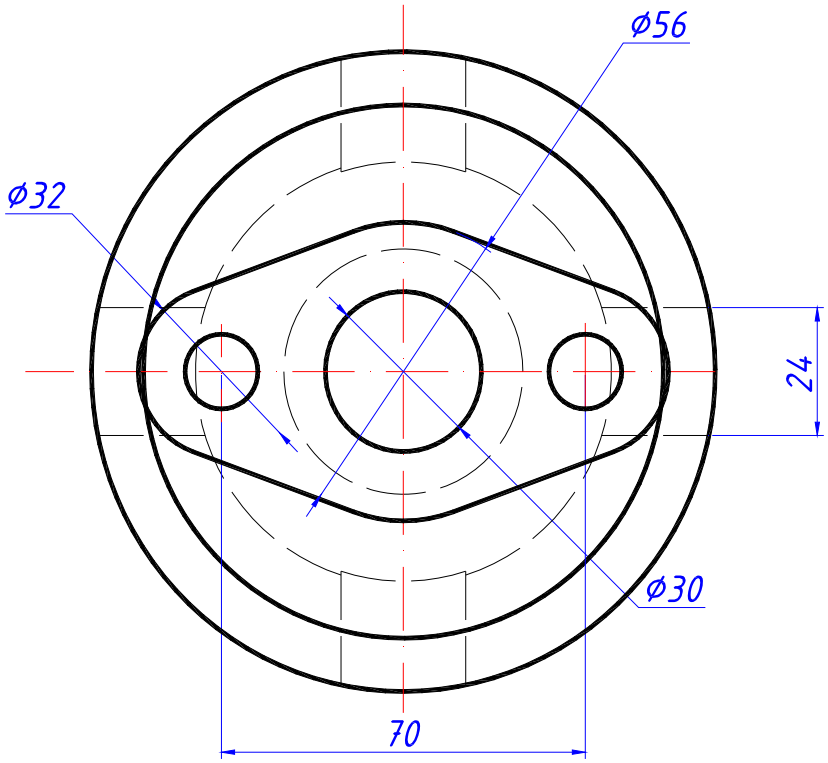
Вариант 2



Основание

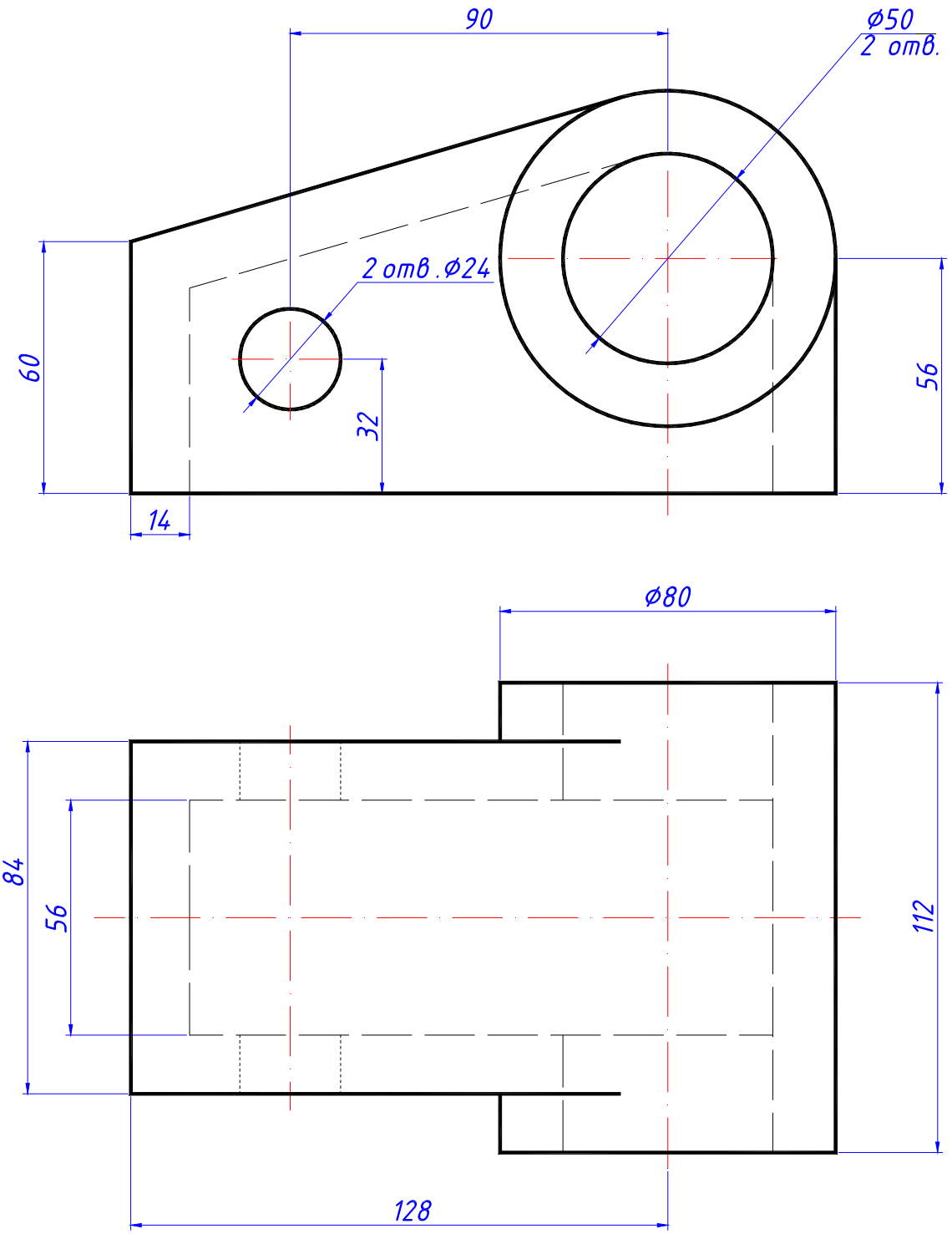
Вариант 3





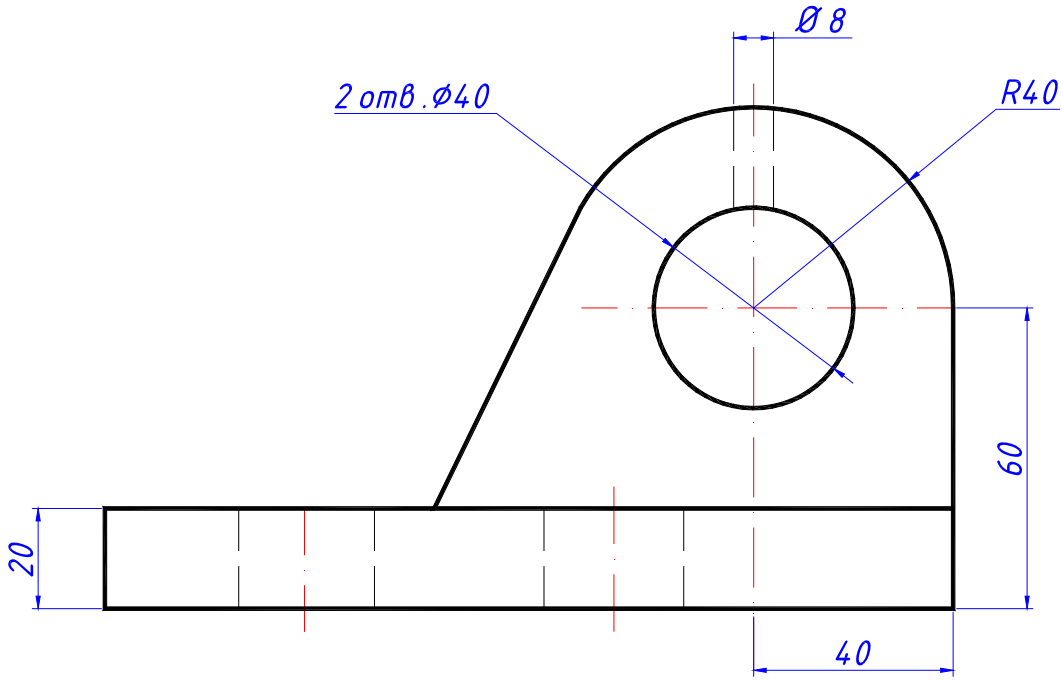
Крышка

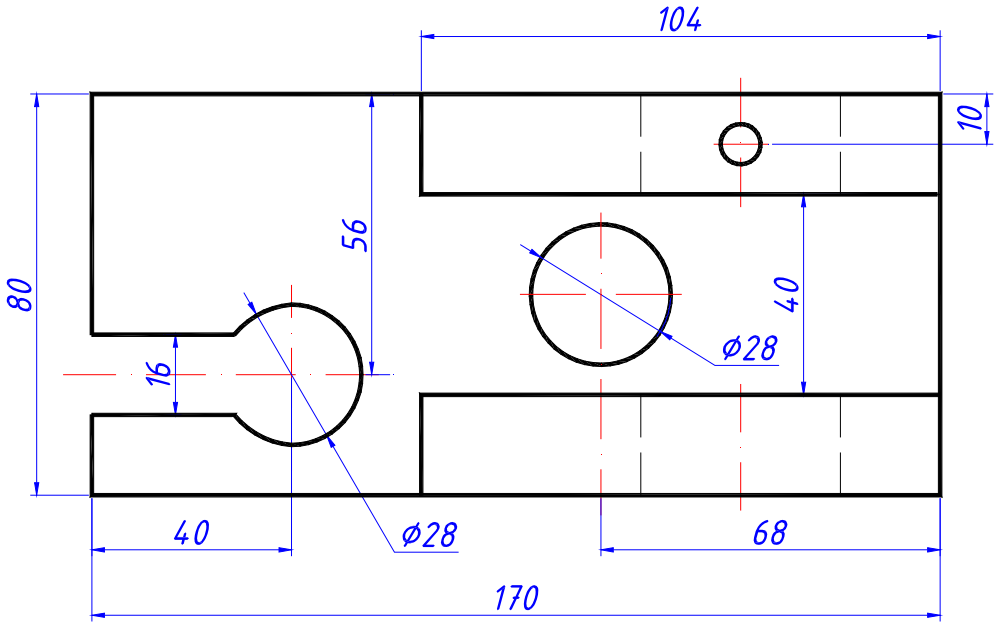
Вариант 4



Кожух

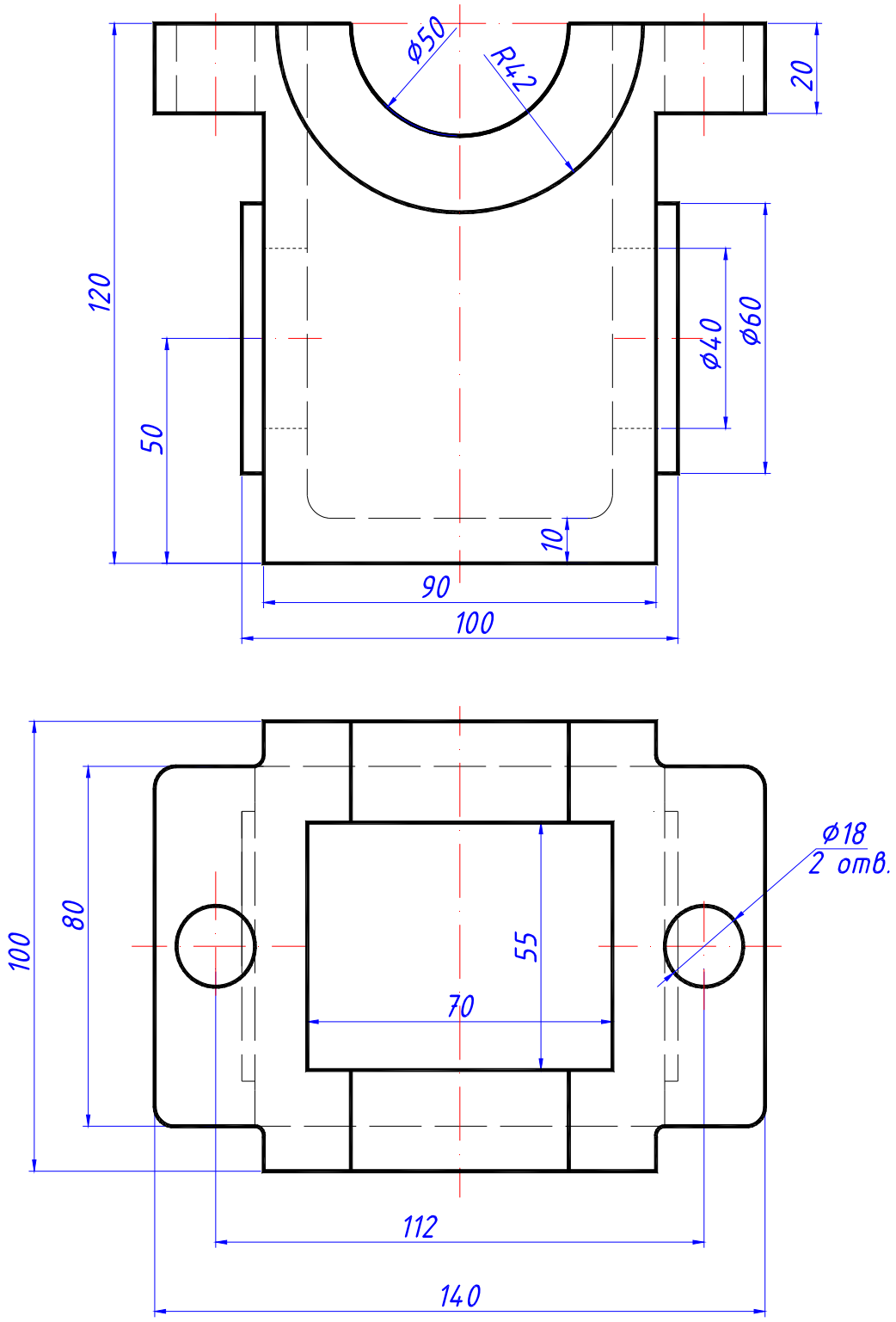
Вариант 5





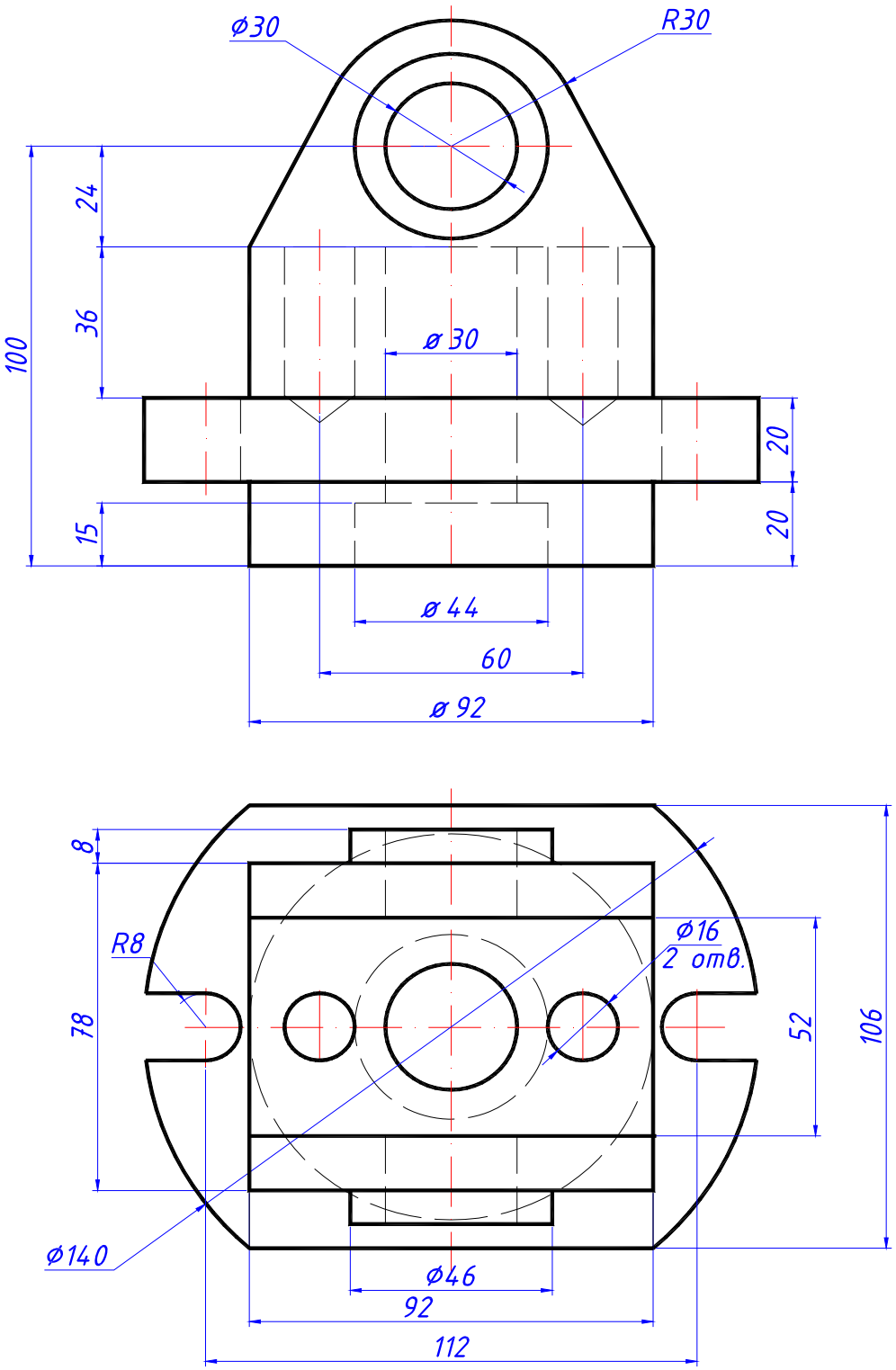
Проушина

Вариант 6



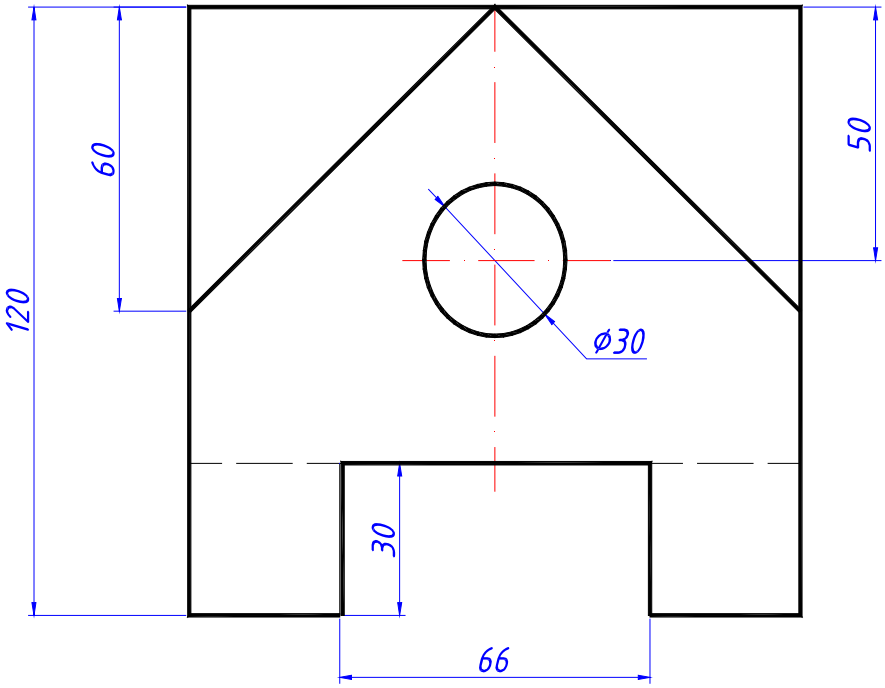
Корпус

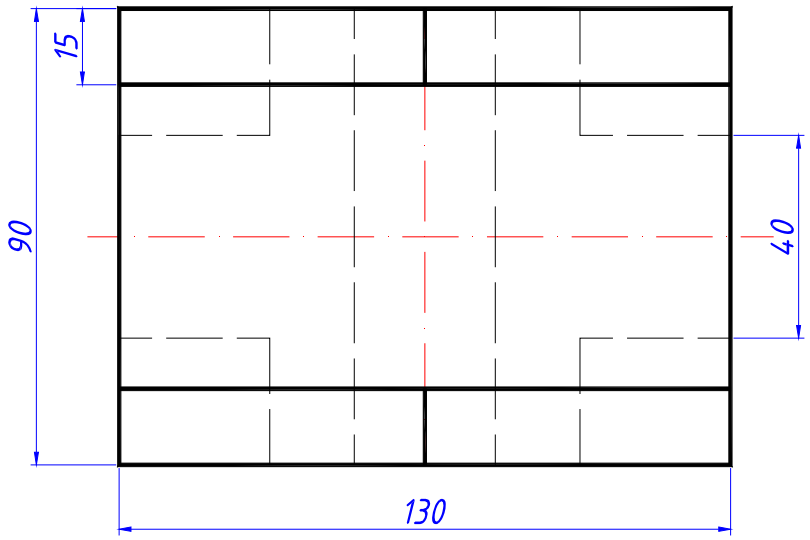
Вариант 7



Проушина

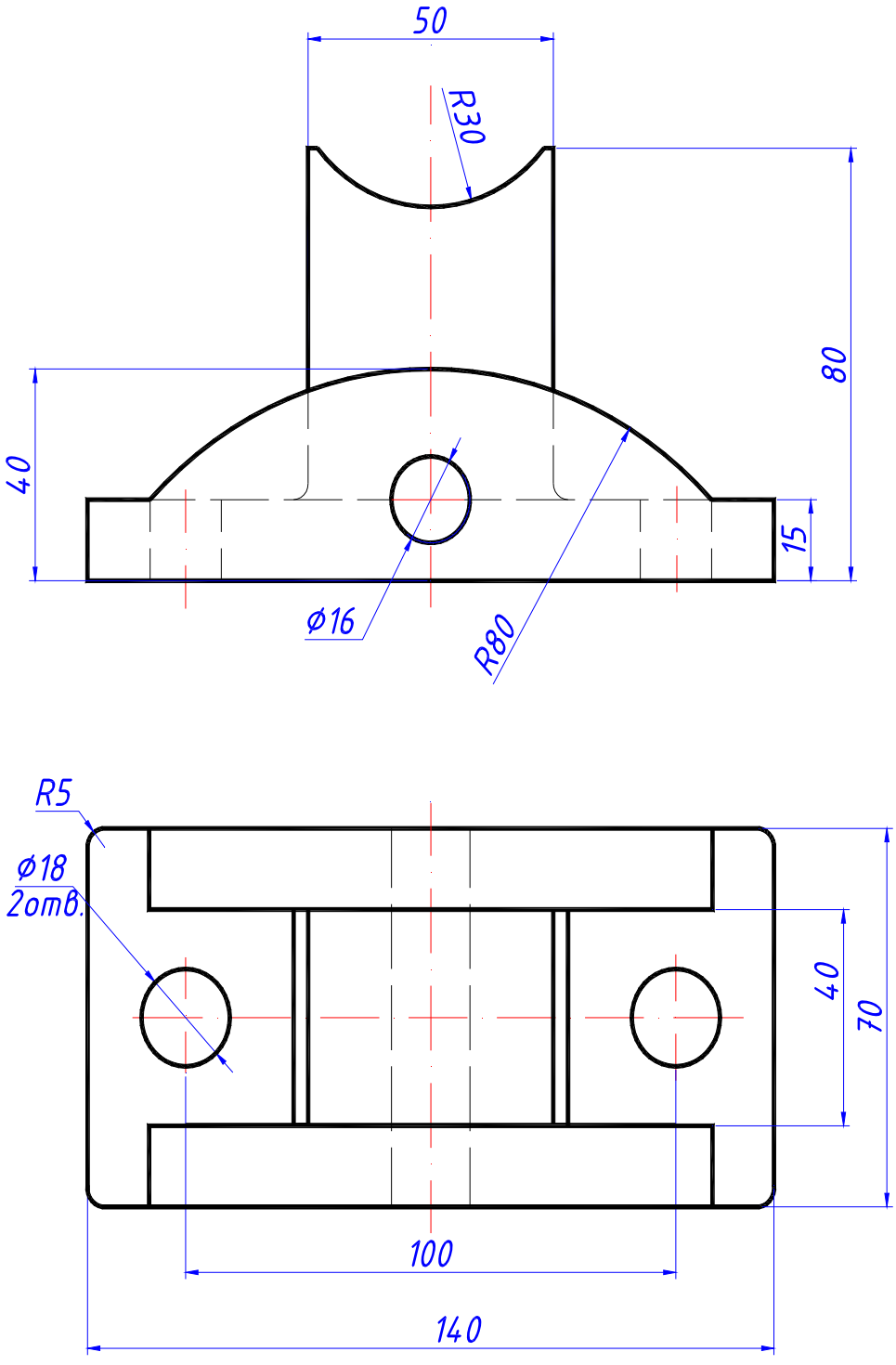
Вариант 8





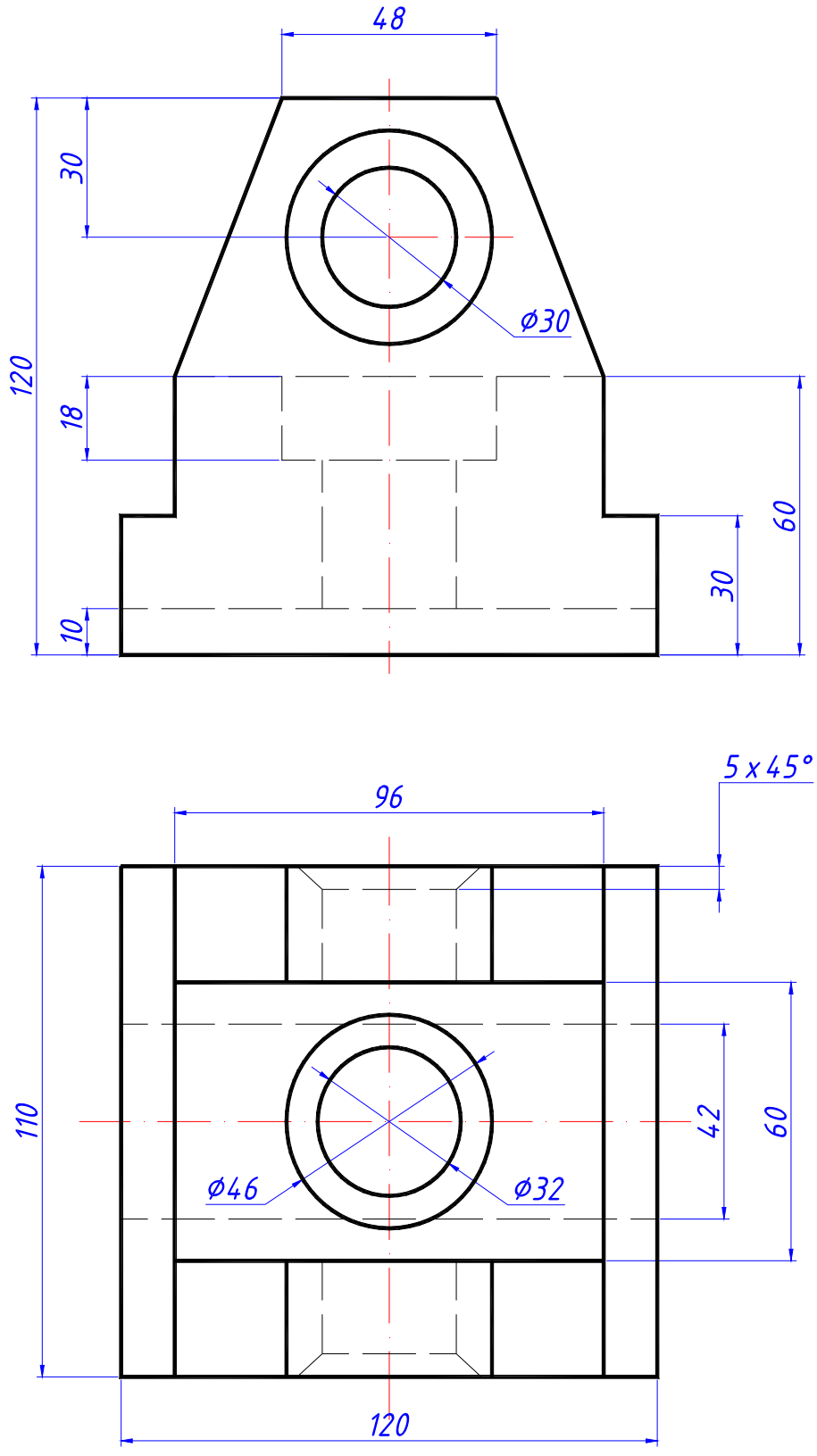
Колодка

Вариант 9



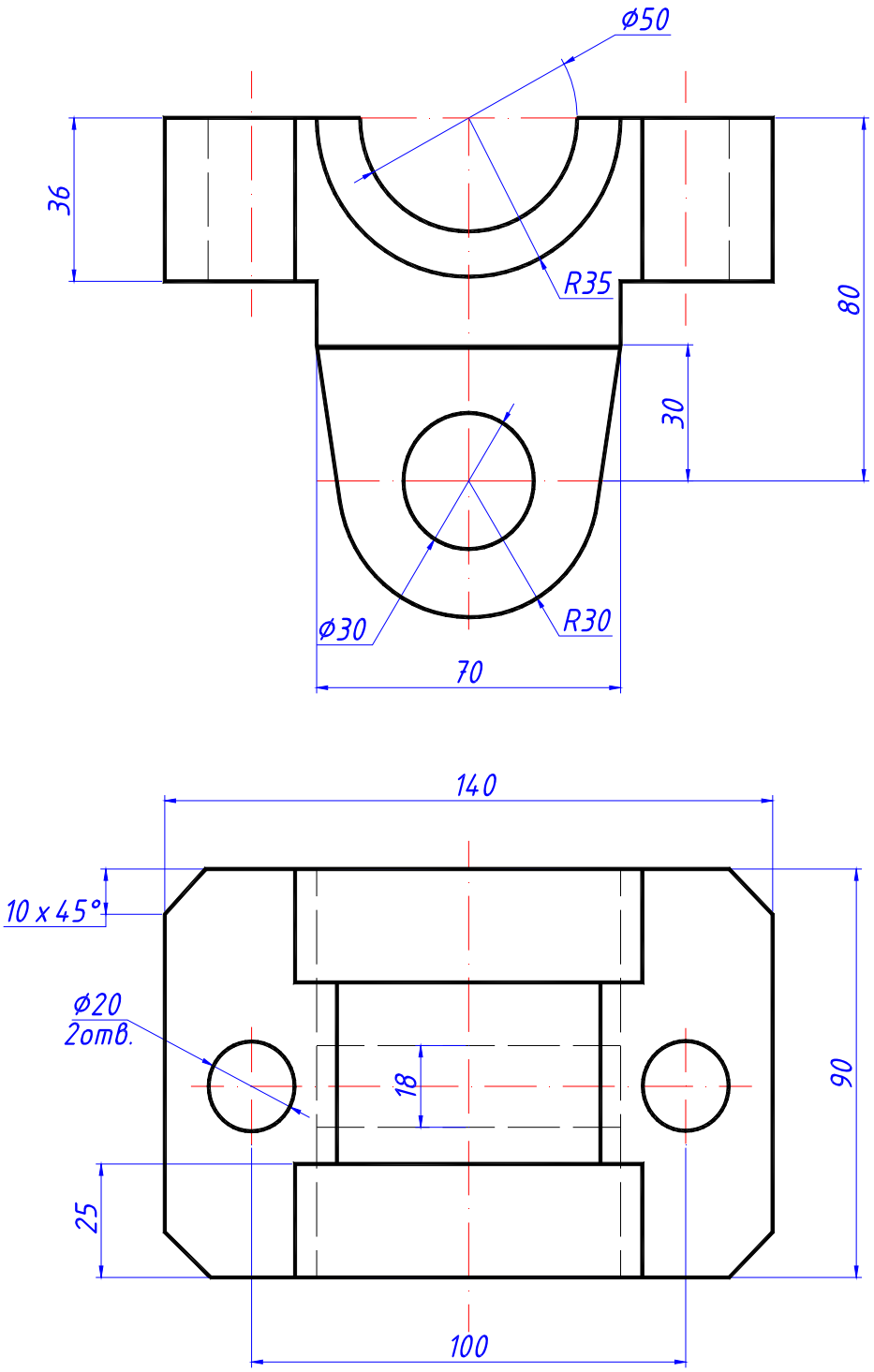
Опора

Вариант 10



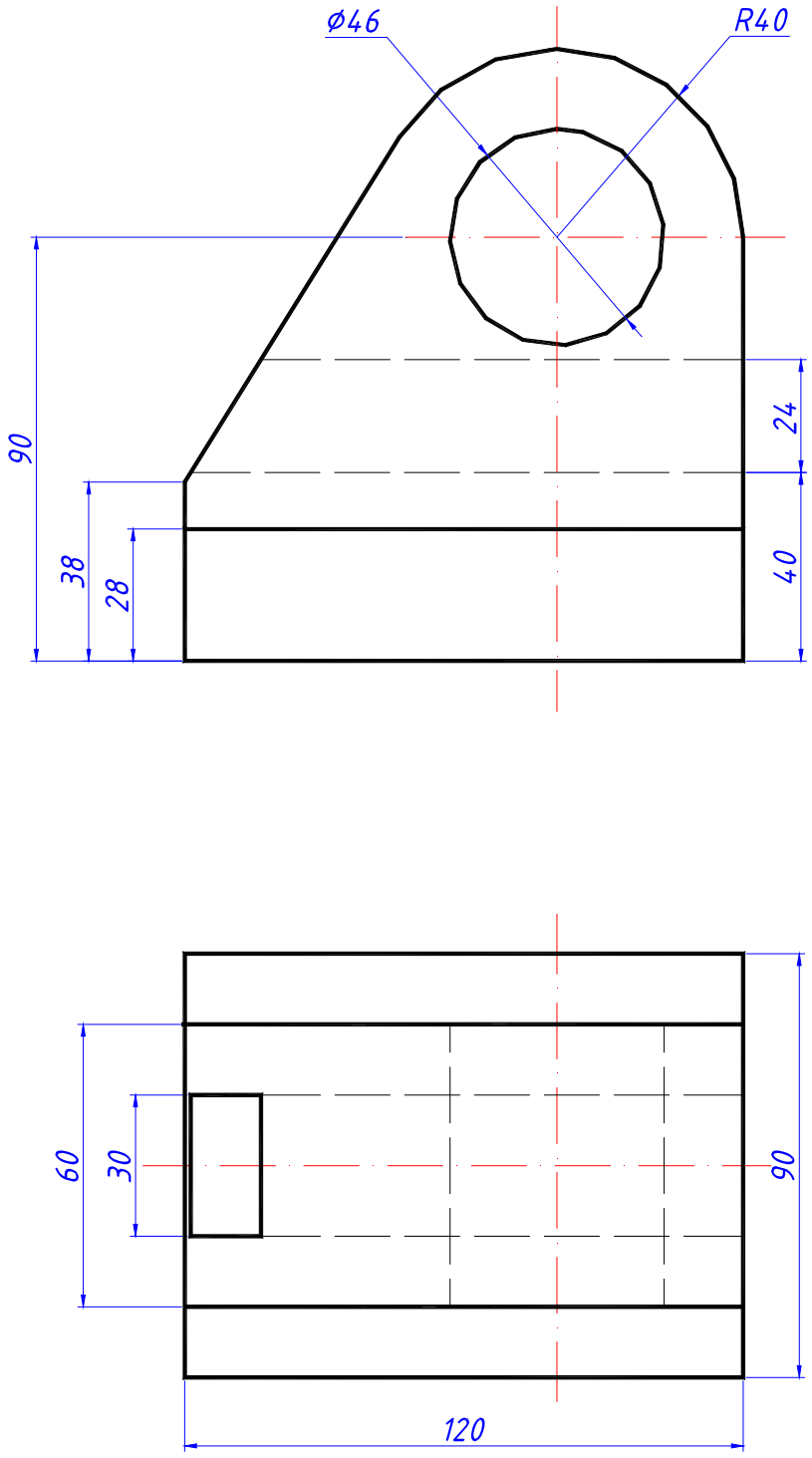
Вилка

Вариант 11



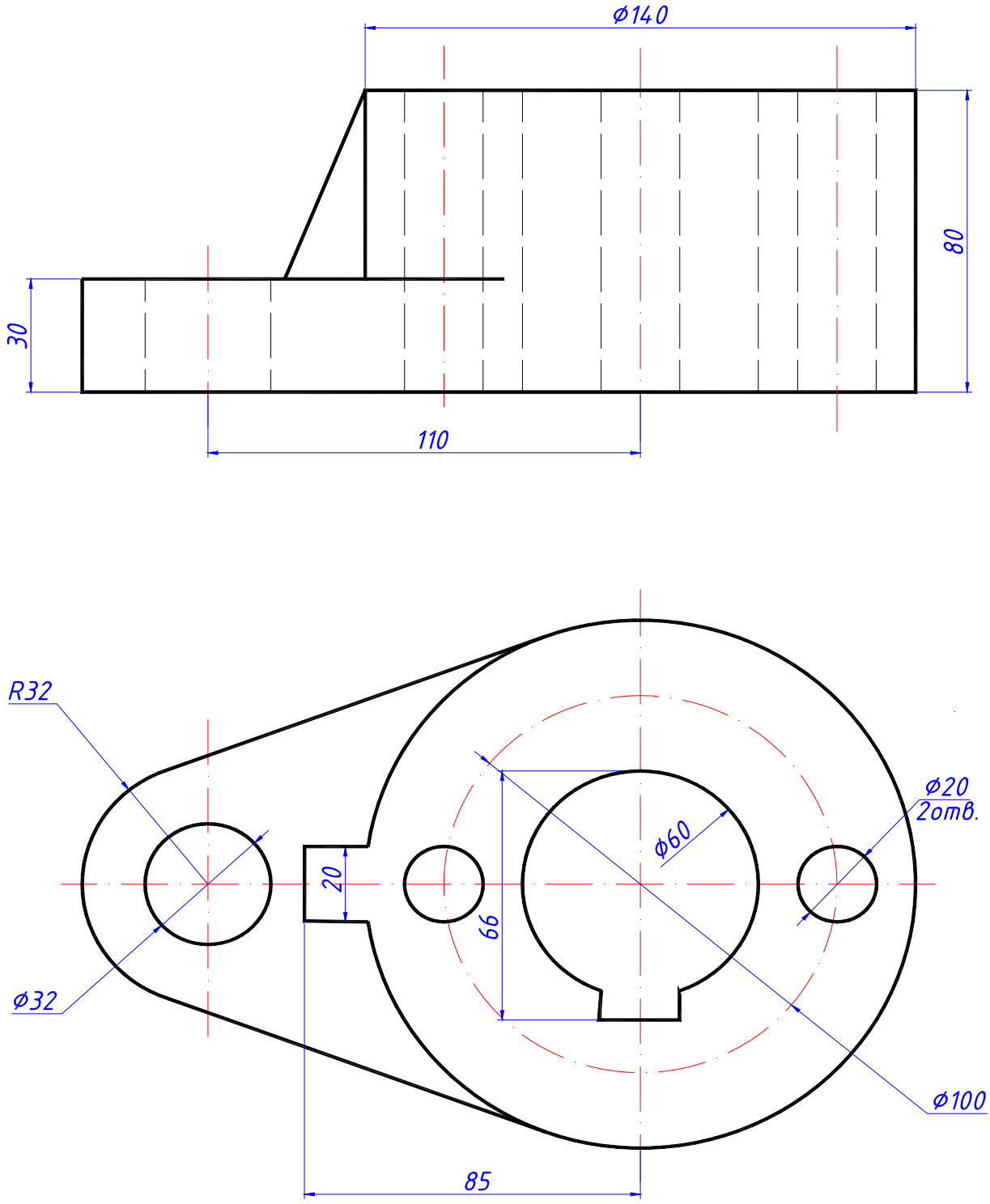
Серьга

Вариант 12



Вилка

Вариант 13



Основание

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полещук Н. Самоучитель AutoCAD 2016. – Санкт-Петербург: Издательство БХВ-Петербург, 2016. – 464с.

2. Шангина Е.И. Компьютерная графика. Учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2006. – 188с.

3. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. Учебно-справочное пособие.— М.: ДИАЛОГ -МИФИ , 2002, 428 с.

Савина Татьяна Евгеньевна

Методическое пособие
по выполнению практической
работы «Создание проекционного чертежа средствами AutoCAD» по дисциплинам:
«Инженерная и компьютерная графика»,
«Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика».

Редактор

Подписано в печать_____.2017 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать на ризографе.
Гарнитура Times New Roman .Печ. л. ___. Уч.- изд. 0,83. Тираж 150 экз.
Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинала – макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического
факультета
«__»_____2018 г.
Председатель комиссии
_____К. В. Кокарев

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

4-е издание, исправленное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Б 43 Рецензент: *Л. Г. Тимофеева*, доцент Уральского государственного лесотехнического университета.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 15._02.2018 года (протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Белоносова И. Б.

Б 43 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. РЕЗЬБА. Методическое пособие по теме «Условности машиностроительного черчения» для самостоятельной работы студентов всех специальностей и направлений. 4-е издание, исправленное / И. Б. Белоносова; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 38 с.

В методическом пособии содержатся исходные данные для индивидуальных заданий, примеры их выполнения, а также основные сведения о резьбах, применяемых в машиностроении, параметрах и технологических элементах резьб в соответствии с Государственными стандартами.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей и направлений.

© Белоносова И. Б., 1994, 2002, 2012
© Уральская государственная горно-геологическая академия 1994, 2002.
© Уральский государственный горный университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82) 3
ТИПЫ РЕЗЬБ 5
Метрическая резьба 6
Трубная цилиндрическая резьба 7
2.3.Трапецеидальная резьба 9
2.4.Упорная резьба 10
2.5.Прямоугольная и квадратная резьбы 12
Изображение резьбы 13
Изображение наружной резьбы 13
Изображение внутренней резьбы 14
Изображение специальных резьб 15
Изображение резьбового соединения 15
ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ 16
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ 17
Сбег резьбы 17
Недовод резьбы 18
Недорез резьбы 18
Фаска 18
Проточка 19
6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ» 20
Цель задания 20
Содержание задания 20
ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 24
Конец вала с метрической резьбой на стержне 24
Конец вала с метрической резьбой в отверстии 27
Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне 28
Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии 30
Конец вала с упорной резьбой в отверстии 31
Изображение шпоночного паза 32
Примеры оформления задания 33
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 37

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении. Они обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надежность, способность воспринимать большие нагрузки, удобство сборки и разборки, простота изготовления.

1. РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82)

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

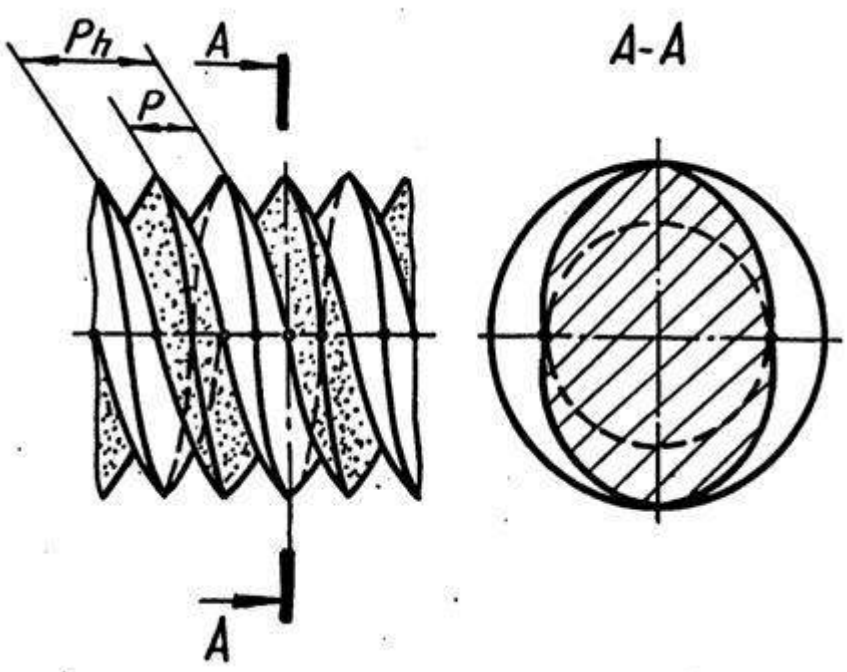


Рис. 1

Резьбы классифицируются по следующим признакам:

1. В зависимости от формы поверхности, на которой нарезана резьба, они подразделяются на цилиндрические и конические.

2. В зависимости от расположения резьбы на поверхности стержня или отверстия они подразделяются на внешние и внутренние.

3. В зависимости от формы профиля различают резьбы треугольного, прямоугольного, круглого и других профилей.

4. По эксплуатационному назначению резьбы делятся на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходо-вые (трапецеидальные, упорные, прямоугольные, круглые), специальные и др.

5. В зависимости от направления винтовой поверхности различают правые и левые резьбы.

6. По числу заходов резьбы подразделяются на однозаходные и многозаходные (двух-трехзаходные) и др.

Все резьбы разделяют на следующие группы:

- стандартизованные – резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом, диаметром;
- нестандартизованные или специальные – резьбы, параметры которых не соответствуют стандартизованным.

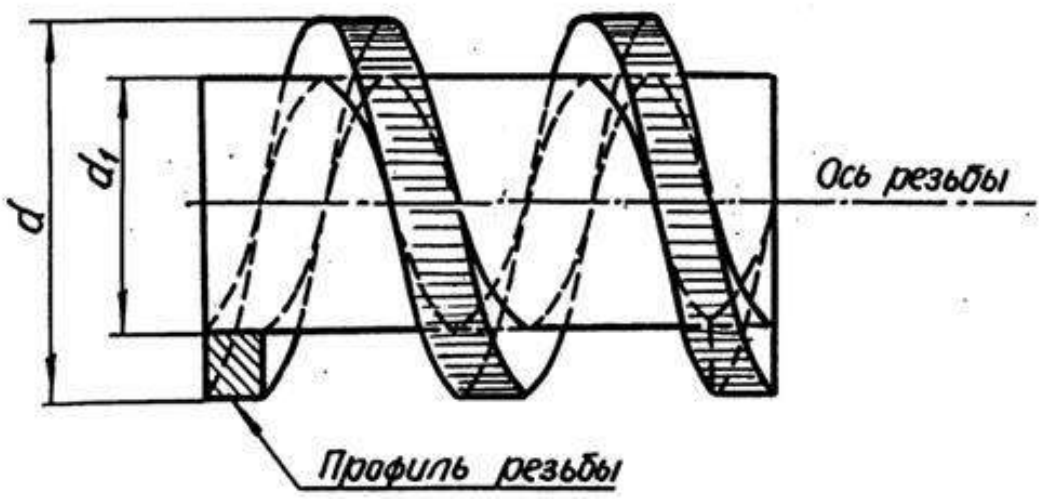


Рис. 2

Основные элементы и параметры резьб имеют следующие определения. **Ось резьбы** – прямая, относительно которой происходит винтовое движение контура, образующего резьбу (рис. 2).

Профиль резьбы – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось. Резьбу называют по форме ее профиля: треугольной, прямоугольной, трапецеидальной и т. п.

Левая резьба – образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя. К обозначению левых резьб добавляется «*LH*».

Правая резьба – образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя.

Шаг резьбы ($\boldsymbol{P}$) **–** расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы (рис. 1).

Х**од резьбы** ($\boldsymbol{P_h}$) - расстояние между ближайшими одноименными и боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы.

Наружный диаметр резьбы (d – для болта, D – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы (рис. 2).

Внутренний диаметр резьб ы (d_1 – для болта, D_1 – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

2. ТИПЫ РЕЗЬБ

В машино- и приборостроении применяются стандартные резьбы различных типов.

2 . 1 . Метрическая резьба

Профиль метрической резьбы представляет собой равнобедренный треугольник с углом при вершине 60 . Вершины и впадины витков имеют срез, благодаря которому между вершинами витков болта и впадинами гайки оставляется некоторый зазор, который предотвращает заклинивание.

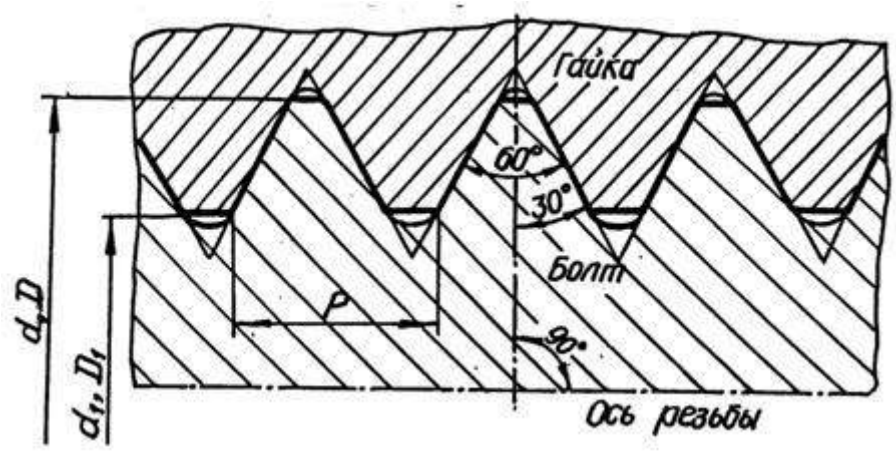


Рис. 3

Размеры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600 мм установлены по ГОСТ 8724-81 и 9150-81. Диаметры резьб разделены на три ряда, а шаги на крупные и мелкие. Крупным называют наибольший из шагов для номинального размера диаметра резьбы. Метрические резьбы с крупным шагом установлены для диаметров от 1 до 63 мм; метрические резьбы с мелкими шагами - для диаметров от 1 до 600 мм.

Резьба с крупным шагом обозначается прописной буквой *М* и номинальным диаметром, например: *М*24, *М*36.

Резьба с мелким шагом обозначается прописной буквой *М*, номинальным диаметром и шагом, например: *М*24 2, *М*36 2.

Резьба левая обозначается буквами *LH*, например: *М*24 *LH*, *М*24 2*LH*. Резьбы многозаходные обозначаются буквой *М*, номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой *Р*, и числовым значением шага, например: трехзаходная резьба с шагом 2 мм *М*36 3(*Р*2), для левой резьбы *М*36 3(*Р*2)*LH*.

Согласно ГОСТ 16093-81 система допусков резьб общего назначения предусматривает допуски диаметров резьб, устанавливаемые степенями точно-сти:

для наружного диаметра наружной резьбы (болта) – 4, 6, 8;

для внутреннего диаметра внутренней резьбы (гайки) – 4, 5, 6, 7, 8; Положение полей допусков диаметров резьбы имеют следующие обозна

чения:

для резьбы болтов – *d, e, f, d, h*;

для резьбы гаек – *E, F, G, H*.

Примеры обозначения резьбы номинальным диаметром 20 мм с обозна-чением полей допусков:

*M*20-6*g* - с крупным шагом, наружная;

*M*20-6*H* - с крупным шагом, внутренняя;

*M*20 2-6*g* - с мелким шагом, внутренняя;

*M*20 2*LH*-6*g* - с мелким шагом, наружная, левая.

Посадка обозначается дробью: числитель – поле допуска внутренней

резьбы, знаменатель - поле допуска наружной, например: *M*20 2*LH*-6*H*/6*g*.

Для покупных крепежных изделий рекомендуется применять следующие значения полей допуска: для гайки – 6*H*, 7*H* и для болта - 6*g*, 8*g*.

2 . 2 . Трубная цилиндрическая резьба

Трубную цилиндрическую резьбу (ГОСТ 6357-81) применяют в трубо-проводах, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наруж-ной конической резьбой.

Профилем трубной резьбы (рис. 4) является равнобедренный треугольник

с углом при вершине 55 и закругленными вершинами и впадинами. Профили наружной и внутренней резьбы совпадают, что обеспечивает герметичность в соединениях этой резьбы.

Характерные особенности трубной цилиндрической резьбы:

- резьба имеет более мелкий шаг и меньшую высоту профиля по сравнению с дюймовой цилиндрической резьбой;

- фактический наружный диаметр резьбы большего его номинального значения примерно на двойную толщину стенок трубы;

- номинальный наружный диаметр резьбы условно принимают равным внутреннему диаметру трубы, на которой нарезается резьба (рис. 5).

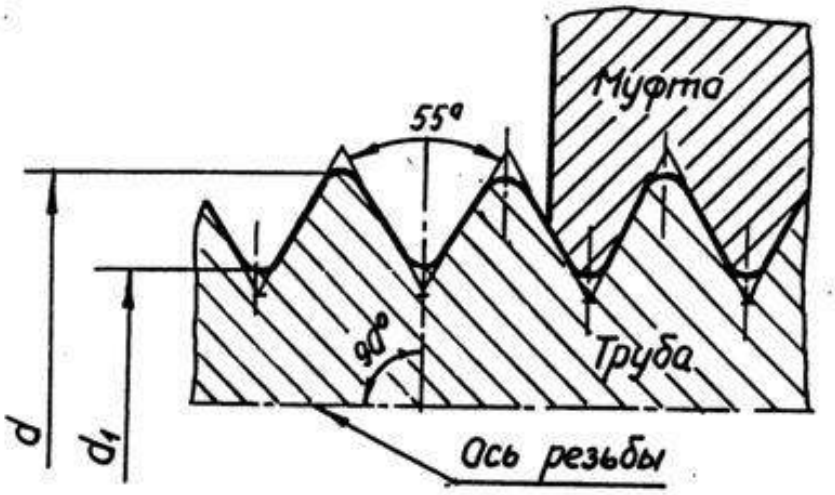


Рис. 4

Трубную резьбу условно обозначают в дюймах (1 =25,4 мм), указываю-щих (приближенно) величину диаметра отверстия трубы, который называют диаметром условного прохода трубы и обозначают *Dy*.

Трубную цилиндрическую резьбу нарезают на трубах до 6 . Трубы свыше 6 сваривают.

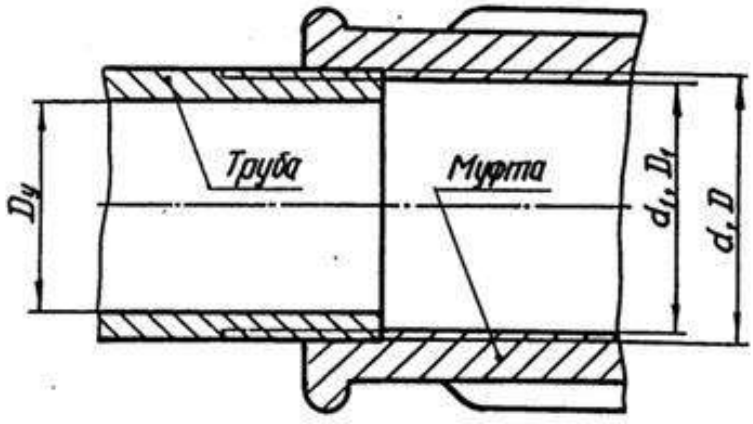


Рис. 5

Обозначение трубной цилиндрической резьбы по ГОСТ 6357-81 состоит из буквы G, номинального размера резьбы в дюймах и класса точности изготовления резьбы. Для трубной цилиндрической резьбы установлены два класса точности – А и В., например:

- резьба класса точности А: G1 – А;

- резьба левая (*LH*) класса точности *B*: *G*3*LH* – *B*;

- резьбовое соединение при классах точности внутренней резьбы *A*, наружной *B*: *G*3 – А/*B*.

2 . 3 . Трапецеидальная резьба

Трапецеидальная резьба по ГОСТ 9484-81 служит для передачи движений и усилий. Трапецеидальная резьба применима для диаметров от 10 до 640 мм и может иметь шаги от 2 до 48 мм. Предусмотрено выполнение резьб одного и того же диаметра, но с различными шагами.

Трапецеидальная резьба имет профиль в виде равнобочной трепеции с углом между ее боковыми сторонами, равными 30 (рис. 6).

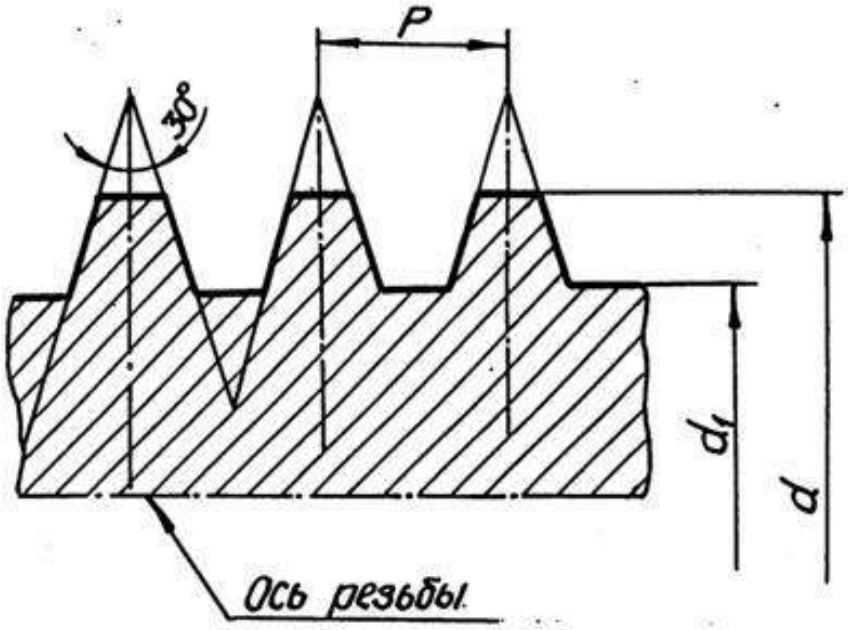


Рис. 6

Симметричный профиль резьбы позволяет применять ее для риверсивных винтовых механизмов. Одинаковые зазоры по наружному и внутреннему диа-метрам создают благоприятные условия для смазывания. Трапецеидальная резьба может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой.

Номинальные размеры трапецеидальной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 24738-81.

Условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы включает буквы *Tr*, номинальный диаметр и шаг, а также буквы *LH* для левой резьбы, например, *Tr*40 3*LH*.

Основные размеры и допуски резьбы трапецеидальной многозаходной устанавливает ГОСТ 24739-81.

Условное обозначение трапецеидальной многозаходной резьбы содержит буквы *Tr*, номинальный диаметр, числовое значение хода и в скобках буква Р с числовым значением шага, например, *Tr*20 4(P2)*LH*.

В производственных чертежах в обозначение резьбы обязательно вклю-чают обозначение поля допуска, состоящее из цифры, показывающей степень точности среднего диаметра резьбы и буквы латинского алфавита, обозначаю-щей основное отклонение этого диаметра, например, *Tr*20 4(P2)*LH*-8*H*/8*e*.

2 . 4 . Упорная резьба

Упорная резьба обладает высокой прочностью и высоким КПД. Она применяется в грузовых винтах для передачи больших усилий, действующих в од-ном направлении в мощных домкратах, прессах и т. д.

Профиль резьбы (рис. 7) представляет собой трапецию, одна сторона которой является рабочей стороной профиля, и ее положение определяется углом наклона 3 . Другая сторона трапеции (нерабочая сторона профиля) имеет угол наклона 30 .

Профиль и параметры упорной резьбы предусматривает ГОСТ 10177-82. Для упорной резьбы предусмотрены номинальные диаметры резьбы от 10 до

640 мм, резьба может выполняться с разными шагами при одном и том же диаметре.

На чертеже упорная резьбы обозначается буквой S, номинальным диаметром и шагом, например: резьба упорная левая, имеющая номинальный диаметр 80 мм и шаг 16 мм – *S*80 16 *LH*.

В прессостроении применяется также упорная резьба, профиль которой представляет собой неравнобочную трапецию с углом рабочей стороны 0 и нерабочей – 45 . Усиленная упорная резьба предусмотрена для диаметров от 80

до 2000 мм.

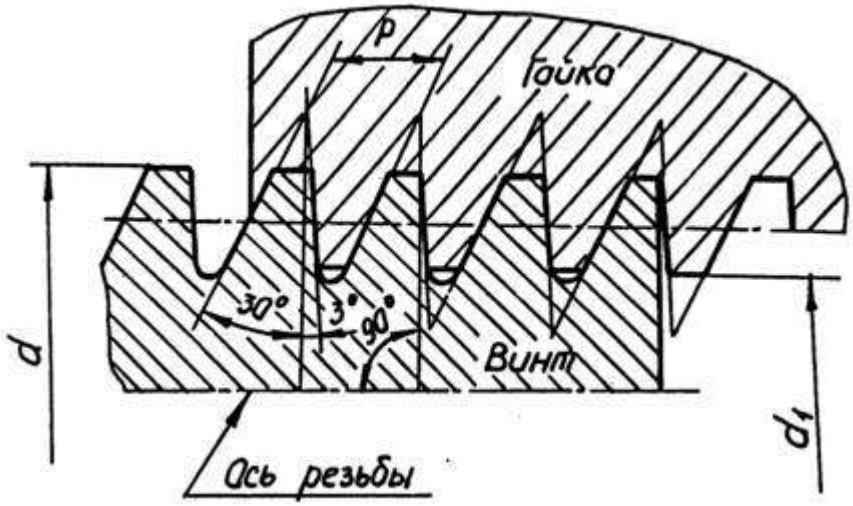


Рис. 7

2 . 5 . Прямоугольна я и квадратная резьбы

Прямоугольная и квадратная резьбы имеют высокий КПД и дают большой выигрыш в силе, поэтому они применяются для передачи осевых усилий в грузовых винтах и движения в ходовых винтах.

Прямоугольная и квадратная резьбы не стандартизованы, так как имеют следующие недостатки:

- в соединении (типа «болт – гайка») трудно устроить биение;

- они обладают прочностью меньшей, чем трапецеидальная резьба, так как основание витка у трапецеидальной резьбы при одном и том же шаге шире,

чем у прямоугольной или квадратной резьб;

- их труднее изготовить, чем трапецеидальную.

В соответственных соединениях эти резьбы заменены трапецеидальными. При изображении этих резьб обязательно указывают ее профиль и разме-

ры (рис. 8). Диаметр резьбы предпочтительно выбирать из ряда номинальных диаметров метрической резьбы.

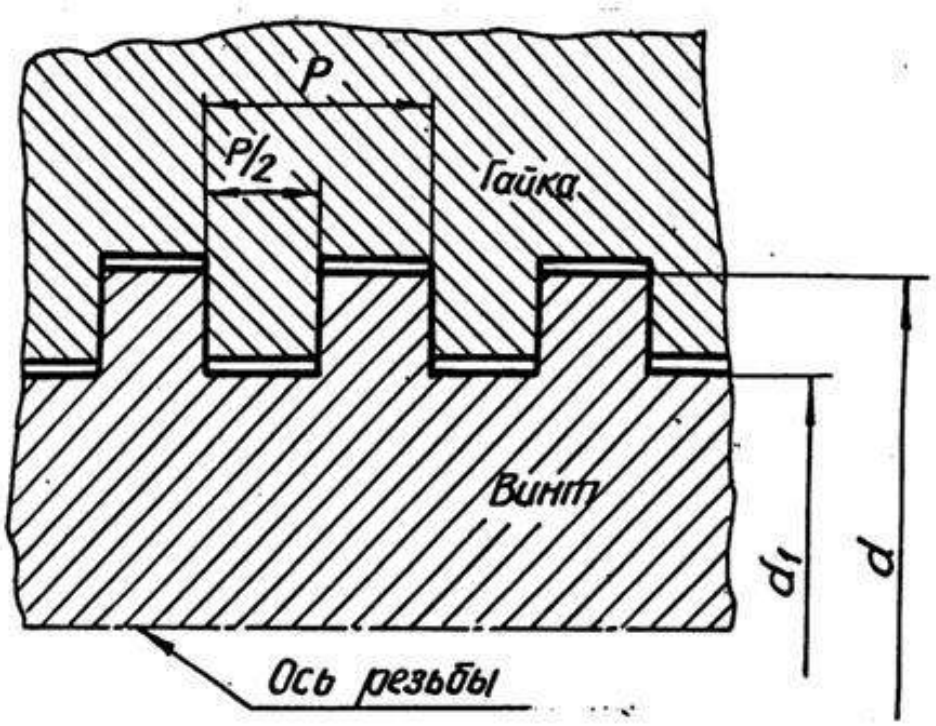


Рис.8

3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Все резьбы, независимо от их типа, изображаются на чертежах условно в соответствии с ГОСТ 2.311-68.

Основная условность заключается в проведении сплошной толстой линии вместо выступов резьбы и тонкой сплошной линии вместо впадин; витки резьбы не изображаются. Границу резьбы упрощенно изображают прямой, перпендикулярной к оси изображения; эта прямая, если она видимая, выполняется сплошной толстой линией.

3 . 1 . Изображение наружной резьбы

Изображение резьбы содержит линии, соответствующие: оси резьбы, наружному и внутреннему диаметрам резьбы и границе резьбы. Резьбу на стерж-не изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резь-бы и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру (рис. 9).

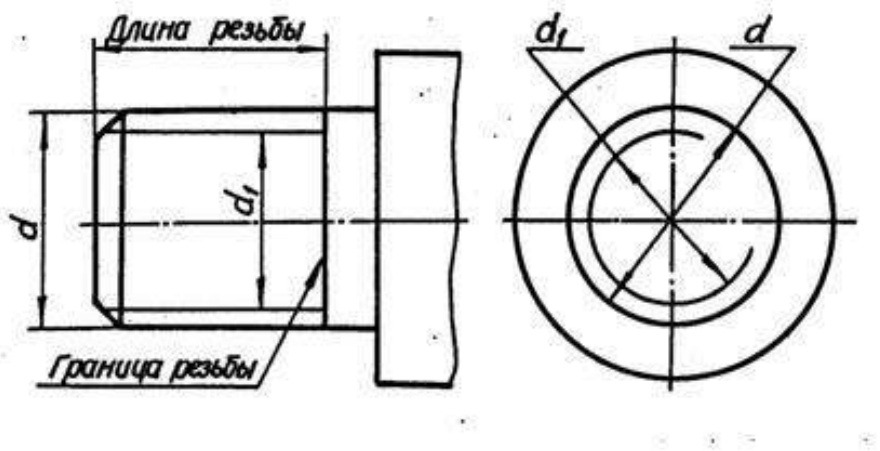


Рис.9

При изображении на плоскости, параллельной оси резьбы, тонкая линия должна пересекать границу фаски на конце стержня и доходить до сплошной линии, ограничивающей резьбу.

При изображении резьбы на плоскости, перпендикулярной к оси резьбы. тонкую линию окружности внутреннего диаметра резьбы проводят в виде дуги, примерно равной ¾ этой окружности. Разрыв окружности допускается делать в любом месте. Расстояние между сплошной и тонкой линиями обычно принимают равным не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Не принято на этом виде показывать фаску, а также начинать и кончать тонкую линию на центровых (осевых линиях).

3. 2. Изображение внутренней резьбы

Резьбу в отверстии изображают в плоскости разреза сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

На виде, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси резьбы, наружный диаметр резьбы изображают сплошной тонкой линией, приблизительно равной ¾ окружности, разомкнутой в любом месте.

Штриховку на разрезах и сечениях наносят до сплошных основных линий, соответствующих внутреннему диаметру резьбы в отверстии или наружному диаметру резьбы на стержне.

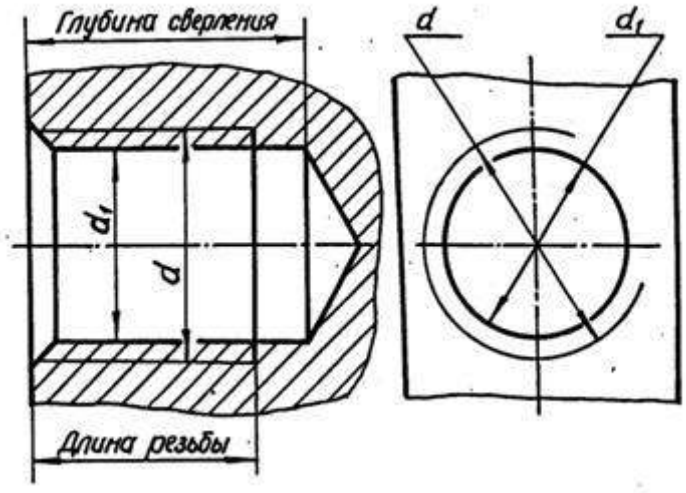


Рис. 10

3 . 3 . Изображение специальных резьб

При изображении резьб нестандартного профиля обязательно выявлять профиль резьбы либо с помощью местного разреза, либо – выносного элемента, указывая все необходимые размеры (наружный и внутренний диаметр резьбы, ширину впадины и шаг резьбы), а также и дополнительные данные: число захо-дов для многозаходной резьбы, направление для левой резьбы (рис. 11).

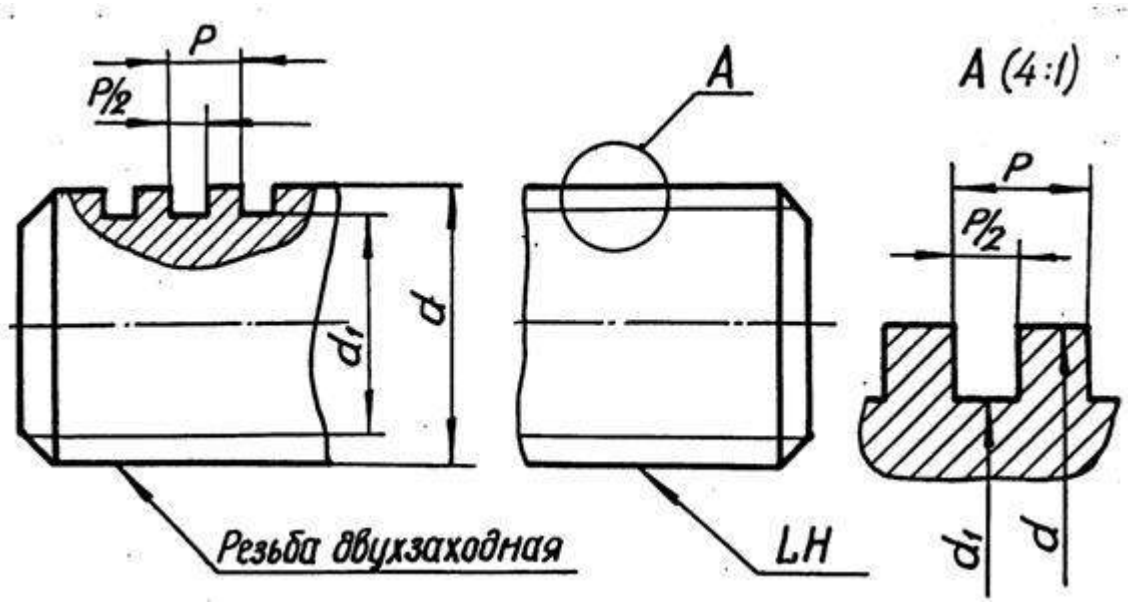


Рис. 11

3 . 4 . Изображение резьбового соединения

На разрезах резьбового соединения наружный диаметр стержня изображают сплошной основной линией, а внутренний диаметр резьбы – сплошной тонкой линией. В отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 12).

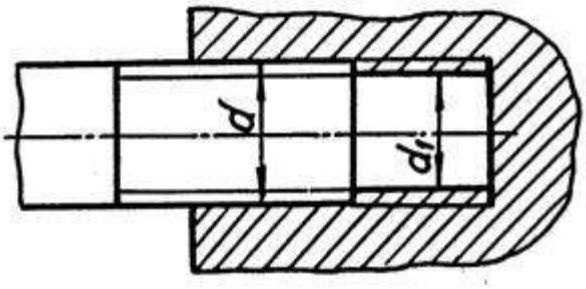
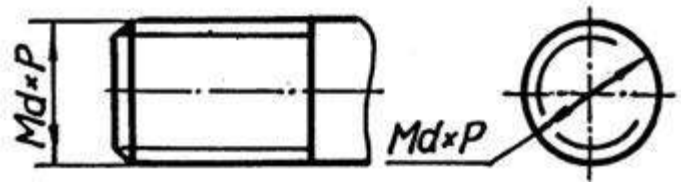
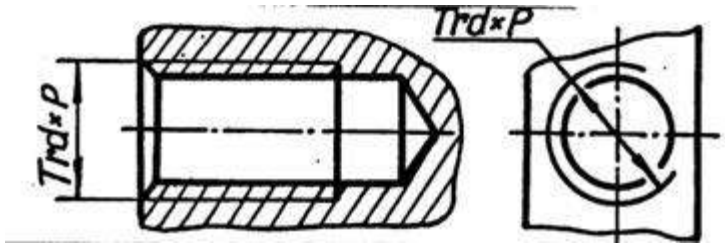
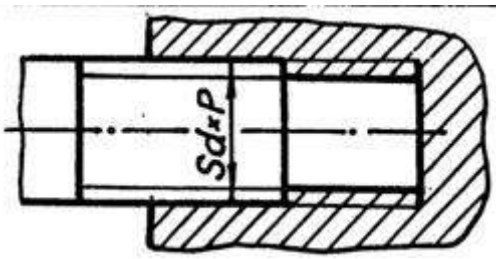
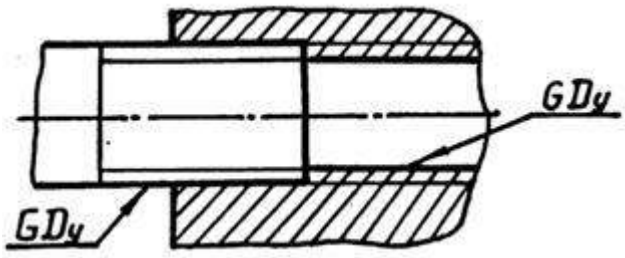


Рис. 12

4. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ

Обозначение стандартных резьб указывают по соответствующим нормативным документам. Условные обозначения резьб рассмотрены в гл. 2. Обозначение резьб на чертежах относят к ее наружному диаметру за исключением трубной и конической резьб, которые обозначают на линиях-выносках, оканчивающихся стрелкой. Стрелку проводят от контура резьбы (сплошной основной линии) (табл. 1).

Таблица 1

Типы резьб	Обозначение
Метрическая	
Трапецеидальная	
Упорная	
Трубная резьба цилиндрическая	

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ

В зависимости от условий и характера производства выполнение резьбы может осуществляться различными способами и инструментами. Для нарезания наружной резьбы применяется плашка, диаметр которой определяется диаметром и шагом резьбы. Метчик применяется для нарезания внутренней резьбы. Часто резьба нарезается на токарных или револьверных станках при помощи резца, заточенного в соответствии с профилем нарезаемой резьбы.

Резьбы имеют технологические элементы, связанные с выходом режущего инструмента из тела детали, к которым относятся: сбег, недорез, проточка и фаска. Технологические параметры резьбы зависят от угла заборной части резьбонарезающего инструмента и шага резьбы (параметры трубной цилиндрической резьбы зависят от диаметра условного прохода резьбы) и соответствуют ГОСТ 27148-86.

5 . 1 . Сбег резьбы

Заборный участок плашки оставляет на стержне резьбу с постепенно уменьшающимся профилем. Длина участка неполноценной резьбы в конце резьбовой части детали, где глубина ее сходит на нет, называется сбегом резь-бы. Сбег резьбы изображают сплошными тонкими линиями (рис. 13). Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбега, но его учитывают при конструировании деталей.

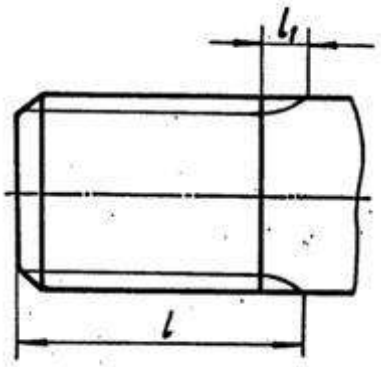


Рис. 13

5 . 2 . Недовод резьбы

В случае, когда вырезаемая часть стержня ограничивается опорной по-верхностью (буртиком, головкой, заплечником), при нарезании резьбы плашка во избежание поломки, обычно не доводится до упора в эту поверхность. Вели-чина ненарезанной части детали между концом сбега резьбы и упорной поверх-ностью называется недоводом резьбы. Недовод зависит от шага резьбы; он не больше двух шагов, а для внутренней – не более трех шагов.

5 . 3 . Недорез резьбы

Длина участка детали, состоящая из недовода и сбега при нарезании резьбы в упор называется недорезом (рис. 14).

Численные значения сбега и недовода резьбы стандартизованы ГОСТ 27148-86. Рекомендуется принимать длину участка недореза равной примерно трем шагам, но не более 0,5 d, где d – размер номинального диаметра резьбы.

5 . 2 . Фаска

До нарезания резьбы на конце стержня и в начале отверстия выполняются фаски. Эти фаски представляют собой коническую поверхность, образующая которой составляет с осью резьбы угол 45 . Фаски упрощают процесс нареза-ния резьбы и облегчают соединение между собой резьбовых деталей.

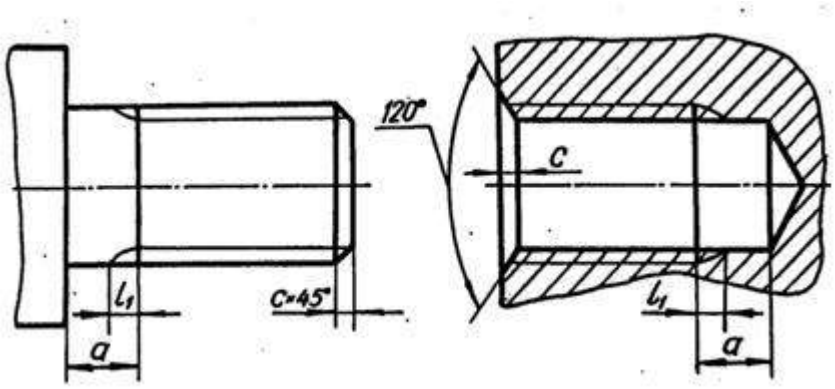


Рис. 14

5 . 5 . Проточка

С целью облегчения процесса нарезания резьбы обычно выполняются наружные или внутренние проточки для выхода резьбонарезающего инструмента. Если на участке сбега резьбы заранее вытачивается канавка, то при нарезании резьбы режущая часть инструмента выйдет в нее, и резьба на всем протяжении имеет полный профиль. Проточки могут иметь прямоугольный или полукруг-лый профиль.

Диаметр наружной проточки выполняется несколько меньшим внутреннего диаметра резьбы, диаметр же внутренней проточки выполняется несколь-ко большим наружного диаметра резьбы (рис. 15).

Форма и размеры наружных и внутренних проточек зависят от типа резь-бы и ее шага и устанавливаются ГОСТ 27148-86.

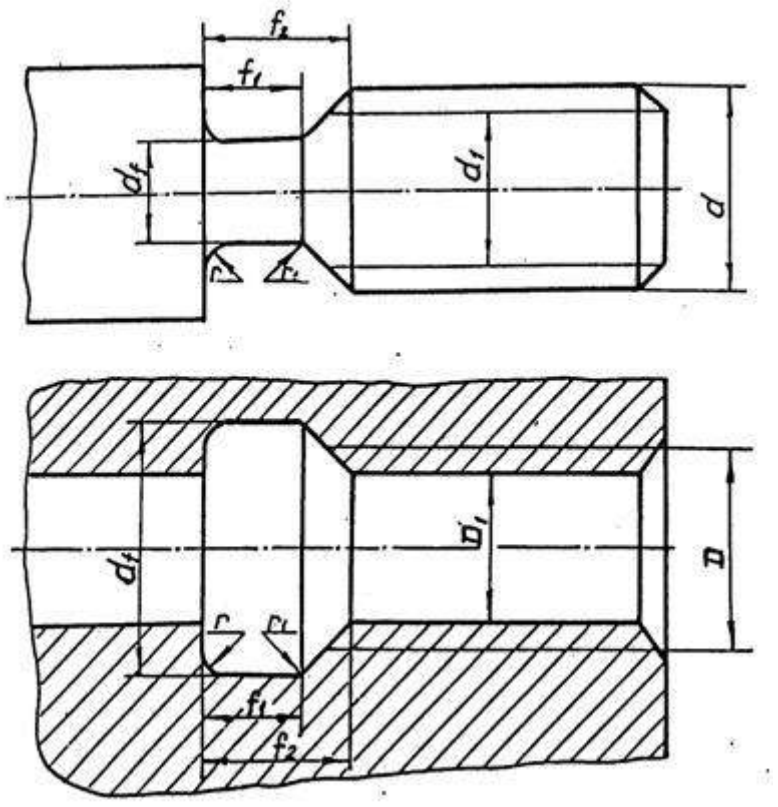


Рис. 15

6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ»

6 . 1 . Цель задания

Целью задания является изучение резьб, применяемых в машинострое-нии, условное изображение и обозначение резьбы и ее технологических эле-ментов. При изучении резьбы и выполнении задания студент должен приобре-сти навыки общения с государственными стандартами по данной теме.

6 . 2 . Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате Ф3 в масштабе 1:1. Вычертить вал в соответствии со своим вариантом, обозначив размеры технологических элементов резьб.

Выполнить сечение по шпоночному пазу.

Варианты заданий

Таблица 2

Номер варианта	Тип вала	Диаметр вала D_B	Левый конец вала			Правый конец вала		
			Тип резьбы	d	P	Тип резьбы	d	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	80	*M*	64	4,0	*S*	28	5,0
2	II	60	*Tr*	42	3,0	*M*	27	2,0
3	III	70	*M*	64	6,0	*Tr*	42	3,0
4	IV	26	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
5	I	60	*M*	42	4,0	*Tr*	48	3,0
6	II	63	*M*	30	3,5	*Tr*	44	3,0
7	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	27	3,0
8	IV	27	*M*	27	3,0	*Tr*	42	3,0
9	I	63	*M*	42	3,0	*S*	20	2,0
10	II	70	*Tr*	48	3,0	*M*	36	4,0
11	III	73	*M*	64	4,0	*Tr*	48	3,0

Продолжение табл. 2

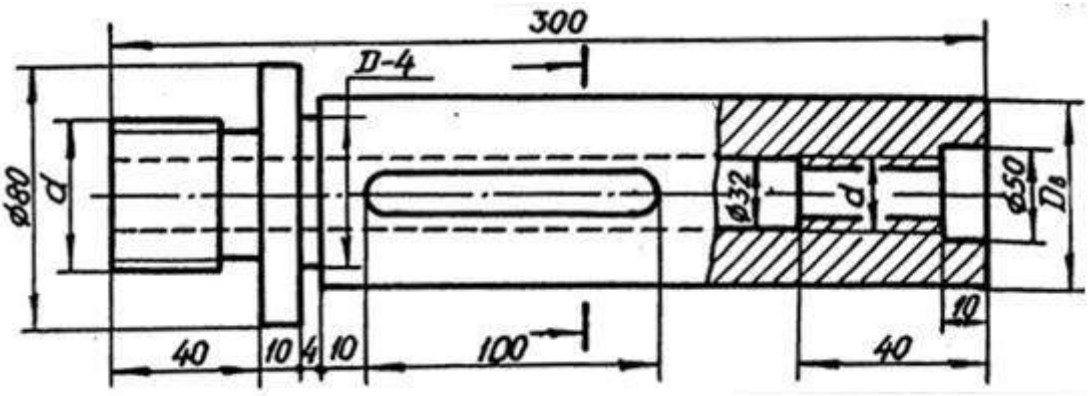
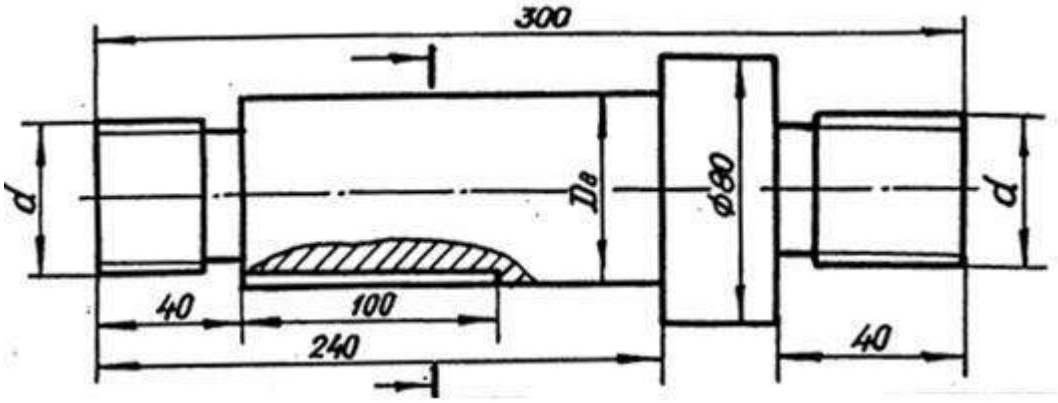
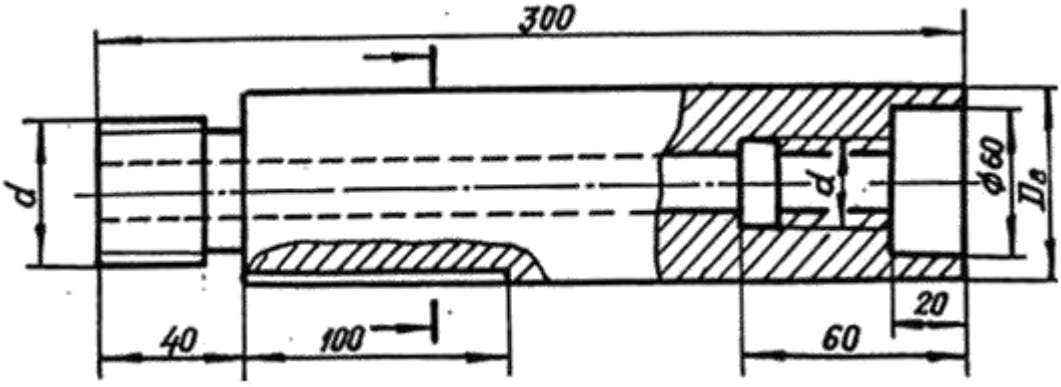
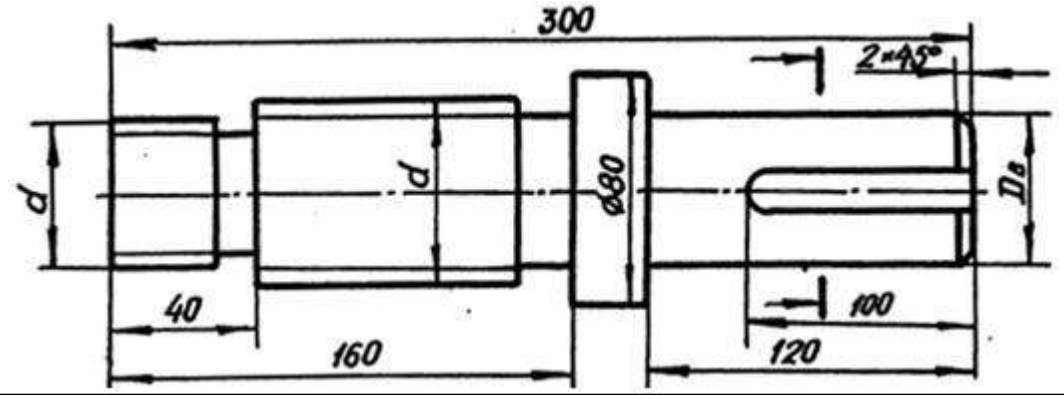
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	IV	30	*M*	30	3,5	*Tr*	42	3,0
13	I	70	*M*	64	3,0	*Tr*	24	2,0
14	II	60	*M*	48	2,0	*Tr*	40	3,0
15	III	75	*M*	60	4,0	*Tr*	42	3,0
16	IV	40	*M*	42	3,0	*Tr*	65	4,0
17	I	71	*M*	64	3,0	*Tr*	46	3,0
18	II	65	*Tr*	28	2,0	M	30	3,5
19	III	78	*M*	45	4,5	*Tr*	30	3,0
20	IV	28	*M*	24	2,0	*Tr*	44	3,0
21	I	73	*M*	52	5,0	*Tr*	28	2,0
22	II	67	*M*	42	3,0	*Tr*	30	3,0
23	III	80	*Tr*	50	3,0	*M*	24	3,0
24	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	46	3,0
25	I	75	*M*	48	3,0	*S*	22	2,0
26	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	48	3,0
27	III	82	*M*	56	5,5	*Tr*	40	3,0
28	IV	32	*M*	30	3,0	*Tr*	48	3,0
29	I	80	*M*	42	4,0	*Tr*	24	2,0
30	II	73	*M*	64	3,0	*Tr*	50	3,0
31	III	85	*Tr*	46	3,0	*M*	22	2,5
32	IV	28	*M*	24	1,5	*Tr*	40	3,0
33	I	85	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
34	II	80	*Tr*	42	3,0	*M*	33	2,0
35	III	70	*M*	39	1,5	*Tr*	24	2,0
36	IV	40	*M*	39	1,5	*Tr*	50	3,0
37	I	82	*M*	56	5,5	*Tr*	24	2,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
38	II	72	*M*	48	4,0	*Tr*	50	3,0
39	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	30	3,5
40	IV	36	*M*	42	2,0	*Tr*	52	3,0
41	I	63	*M*	48	2,0	*S*	26	5,0
42	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
43	III	73	*M*	48	3,0	*Tr*	28	2,0
44	IV	40	*M*	42	4,5	*Tr*	60	3,0
45	I	80	*M*	64	6,0	*Tr*	28	2,0
46	II	75	*M*	30	3,0	*Tr*	24	2,0
47	III	75	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
48	IV	28	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
49	I	65	*M*	42	3,0	*S*	26	2,0
50	II	80	*Tr*	55	3,0	*M*	39	4,0
51	III	78	*M*	64	4,0	*Tr*	44	3,0
52	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	42	3,0
53	I	67	*M*	48	5,0	*S*	26	2,0
54	II	82	*M*	48	2,0	*Tr*	65	4,0
55	III	80	*Tr*	52	3,0	*M*	36	4,0
56	IV	40	*M*	42	4,0	*Tr*	65	4,0
57	I	78	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
58	II	85	*Tr*	42	3,0	*M*	42	4,0
59	III	82	*M*	48	3,0	*S*	32	3,0
60	IV	36	*M*	30	1,5	*Tr*	44	3,0

Типы валов

Таблица 3

Тип вала	Исходный чертеж	
	Левый конец вала	Правый конец вала
I		
II		
III		
IV		

7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

7 . 1 . Конец вала с метрической резьбой на стержне

По заданию на конце вала необходимо изобразить метрическую резьбу с ее технологическими элементами и нанести размерную сетку (рис. 16). Приступая к вычерчиванию, рекомендуется необходимые размеры сводить в табл. 4, например, требуется изобразить метрическую резьбу с номинальным диаметром 36 мм и шагом 3 мм.

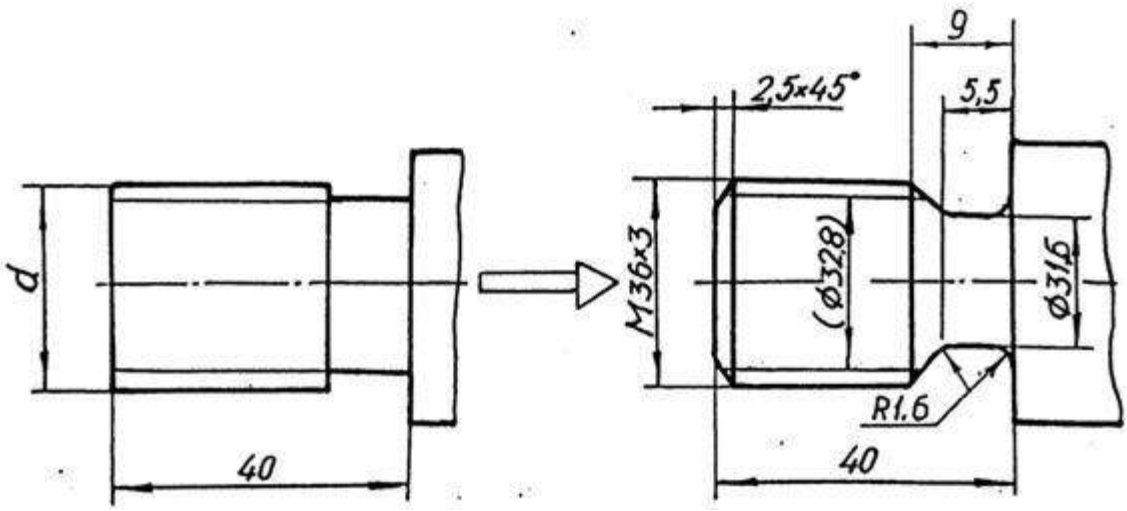


Рис. 16

Таблица 4

Размеры	Обозначение	Величина	Номер табл.	Стр.
Тип резьбы	*M*		2	20…22
Номинальный диаметр резьбы	*d*	36		
Шаг резьбы	*P*	3	2	
Вид шага		мелкий	5	
Внутренний диаметр резьбы	D_1	32,8	5	
Диаметр проточки	*d*	*d*-4.4	6	
Ширина проточки (нормальной)	f_1 min	5,2	6	
	f_2 max	9,0	6	
Радиусы скругления проточки	r	*P*: 2~1,6	6	
Высота фаски	c	2,5	6	

Таблица 5

Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы		Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы	
	наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$		наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$
с крупным шагом			с мелким шагом		
1	6	4,9	1,5	24	22,4
1,25	8	6,6		30	28,4
1,5	10	8,4		39	37,4
1,75	12	10,1	2	20	17,8
2	14	11,8		24	21,8
2	16	13,8		27	24,8
2,5	18	15,3		30	27,8
2,5	20	17,3		33	30,8
2,5	22	19,3		36	33,8
3	24	20,8		42	39,8
3	27	23,8		48	45,8
3,5	30	26,2		72	69,8
2,5	33	29,2	3	30	26,8
4	36	31,7		36	33,8
4	39	34,7		42	38,8
4,5	42	37,1		48	44,8
4,5	45	40,1		64	60,8
5	48	42,3	4		
5	52	46,6		42	37,7
5,5	56	50,0		48	43,7
5,5	60	54,0		64	59,7
6	64	57,5			
6	68	61,5			

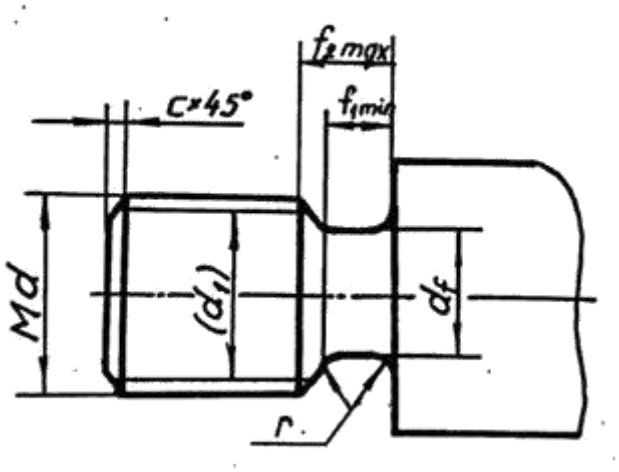


Таблица 6

Шаг резьбы	Номинальный диаметр резьбы с крупным шагом	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
			f_1min	f_2max	f_1min	f_2max		
1	6; 7	*d*-1,6	1,6	3,0	1,1	2,5	0,6	1,0
1,5	10	*d*-2,3	2,5	4,5	1,8	3,8	0,8	1,6
2	14; 16	*d*-3,0	3,4	6,0	2,5	5,0	1,0	2,0
2,5	18; 20; 22	*d*-3,6	4,4	7,5	3,2	6,3	0,2	2,5
3	24; 27	*d*-4,4	5,2	9,0	3,7	7,5	1,6	2,5
3,5	30; 33	*d*-5,0	6,2	10,5	4,7	9,0	1,6	2,5
4	36; 39	*d*-5,7	7,0	12,0	5,0	10,0	2,0	3,0
4,5	42; 45	*d*-6,4	8,0	13,5	5,5	11,0	2,0	3,0
5	48; 52	*d*-7,0	9,0	15,0	6,5	12,5	2,5	4,0
5,5	56; 60	*d*-7,7	11,0	17,5	7,5	14,0	3,2	4,0
6	64; 68	*d*-8,3	11,0	18,0	8,0	15,0	3,2	4,0

7 . 2 . Конец вала с метрической резьбой в отверстии

При вычерчивании в отверстии метрической резьбы внутренний диаметр определяется по табл. 5, а размеры проточки – по табл. 7.

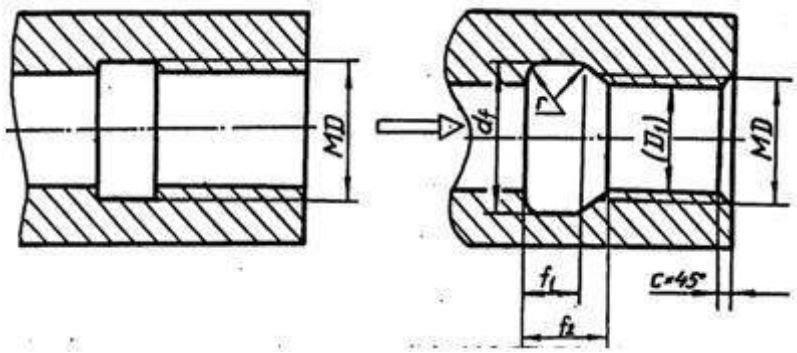
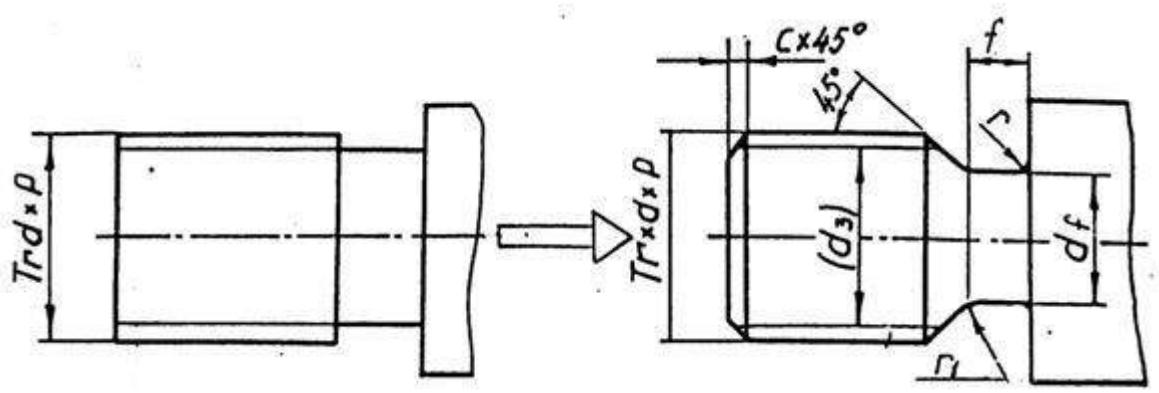


Таблица 7

Шаг резьбы	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
		$f_1$min	$f_2$max	$f_1$min	$f_2$max		
1	d+0,5	4	5,2	2,5	3,7	0,6	1,0
1,5	d+0,5	6	7,8	3,8	5,6	0,8	1,6
2	d+0,5	8	10,3	5,0	7,3	1,0	2,0
2,5	d+0,5	10	13,0	6,3	9,3	0,2	2,5
3	d+0,5	12	15,2	7,5	10,7	1,6	2,5
3,5	d+0,5	14	17,0	9,0	12,7	1,6	2,5
4	d+0,5	16	20,0	10,0	14,0	2,0	3,0
4,5	d+0,5	18	23,0	11,0	16,0	2,0	3,0
5	d+0,5	20	26,0	12,5	18,5	2,5	4,0
5,5	d+0,5	22	28,0	14,0	20,0	3,2	4,0
6	d+0,5	24	30,0	15,0	21,0	3,2	4,0

7 . 3 . Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне

При вычерчивании резьбы на стержне внутренний диаметр определяют по табл. 8, а размеры проточки – по табл. 9.



Шаг резьбы	Диаметр			
	Наружная резьба		Внутренняя резьба	
P	d, D	d_3	D_1, d_1	D_4
2	24	21,5	22,0	24,5
	28	25,6	26,0	28,5
3	30	26,5	27,0	30,5
	40	36,5	37,0	40,5
	42	38,5	39,0	42,5
	44	40,5	41,0	44,5
	46	42,5	43,0	46,5
	48	44,5	45,0	48,5
	50	46,5	47,0	50,5
	52	48,5	49,0	52,5
	55	51,5	52,0	55,5
	60	56,5	57,0	60,5
4	65	60,5	61,0	65,5

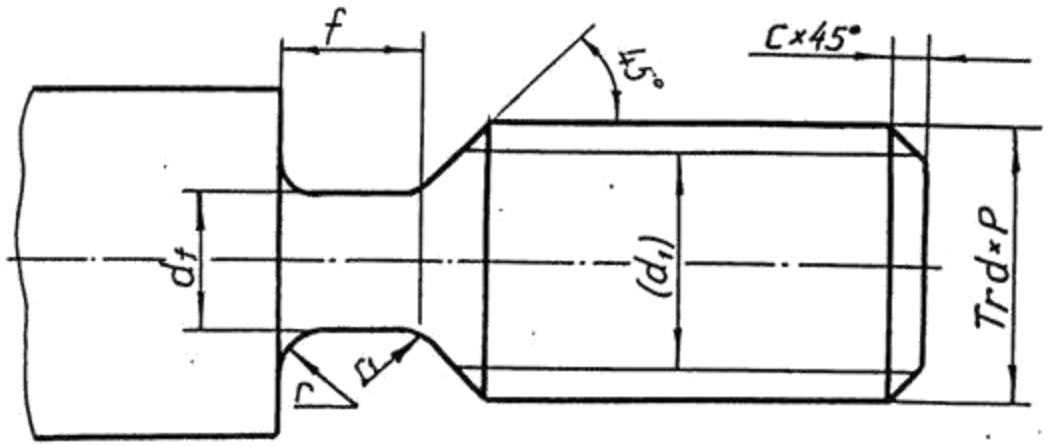


Таблица 9

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	*d*-3,0	3	1,0	0,5	1,6
3	*d*-4,2	5	1,6	0,5	2,0
4	*d*-5,2	6	1,6	1,0	2,5
5	*d*-7,0	8	2,0	1,0	3,0
6	*d*-8,0	10	3,0	1,0	3,5
8	*d*-10,2	12	3,0	1,0	4,5
10	*d*-12,5	16	3,0	1,0	5,5

7 . 4 . Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии

При вычерчивании трапецеидальной резьбы в отверстии следует учитывать зазор между стержнем и «гайкой», изображение выполняют по размерам диаметров, указанных в табл. 8, но на чертеже обозначают резьбу по номинальному размеру. Проточку вычерчивают по размерам, приведенным в табл. 10.

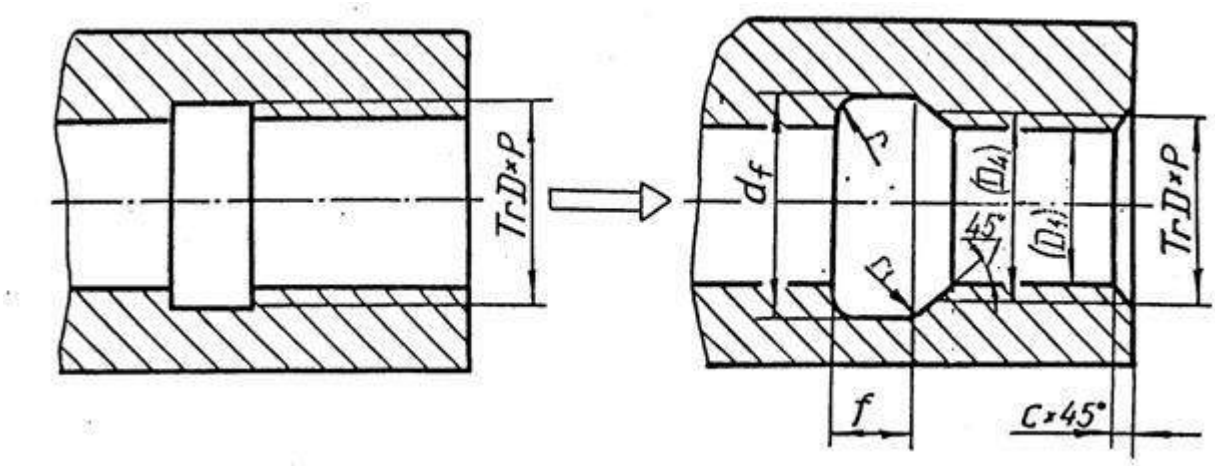


Таблица 10

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	d+1,0	3	1,0	0,5	1,6
3	d+1,0	5	1,6	0,5	2,0
4	d+1,1	6	1,6	1,0	2,5
5	d+1,6	8	2,0	1,0	3,0
6	d+1,6	10	3,0	1,0	3,5
8	d+1,8	12	3,0	1,0	4,5
10	d+1,8	16	3,0	1,0	5,5

7 . 5 . Конец вала с упорной резьбой в отверстии

Размеры, необходимые для вычерчивания упорной резьбы, представлены в табл. 11.

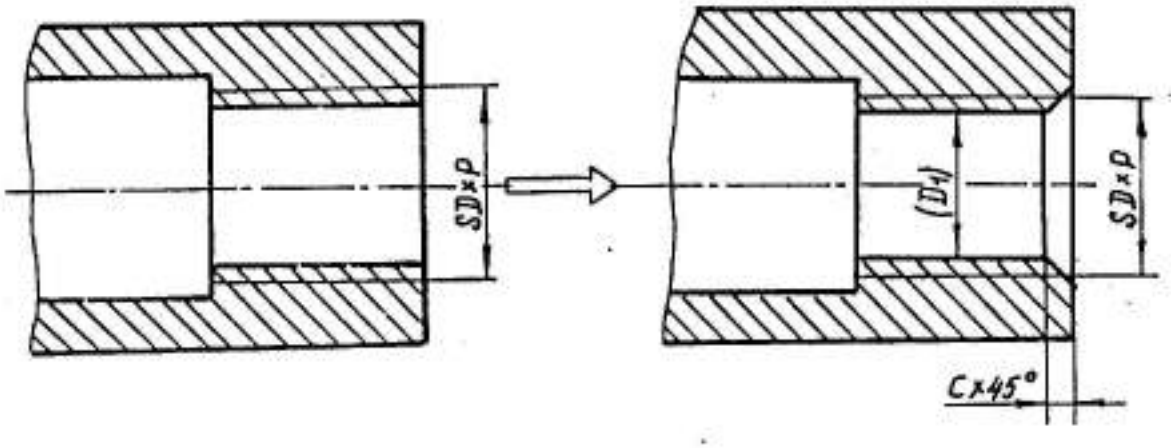


Таблица 11

Шаг резьбы *P*	Диаметр		Фаска *c*
	Наружный *d*, *D*	Внутренний D_1	
2	20	17,0	1,6
2	22	19,0	1,6
2	26	23,0	1,6
3	32	27,5	2,0
5	26	18,5	3,0
5	28	20,5	3,0
6	32	23,0	3,5

7 . 6 . Изображение шпоночного паза Г ОС Т 233 60 – 78

Шпонкой называется деталь, устанавливаемая в пазах двух соприкасающихся деталей для предотвращения их относительного перемещения и для передачи крутящего момента.

Форму шпоночного паза на валу обычно показывают сечением. Размеры шпоночного паза, зависящие от диаметра цапфы вала, представлены в табл. 12.

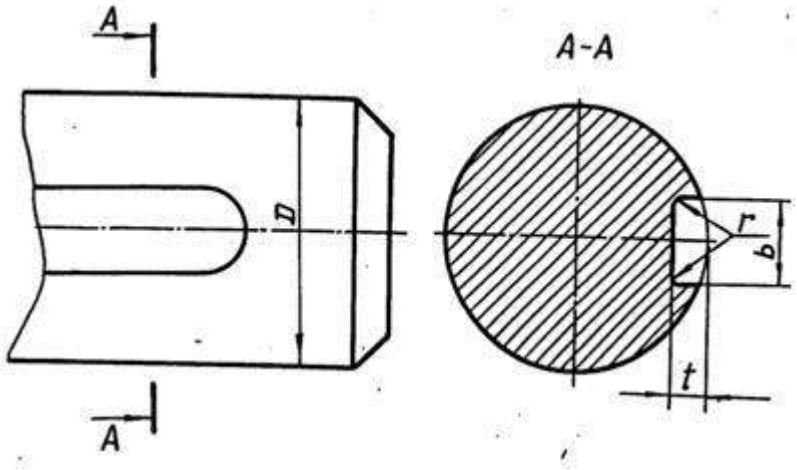
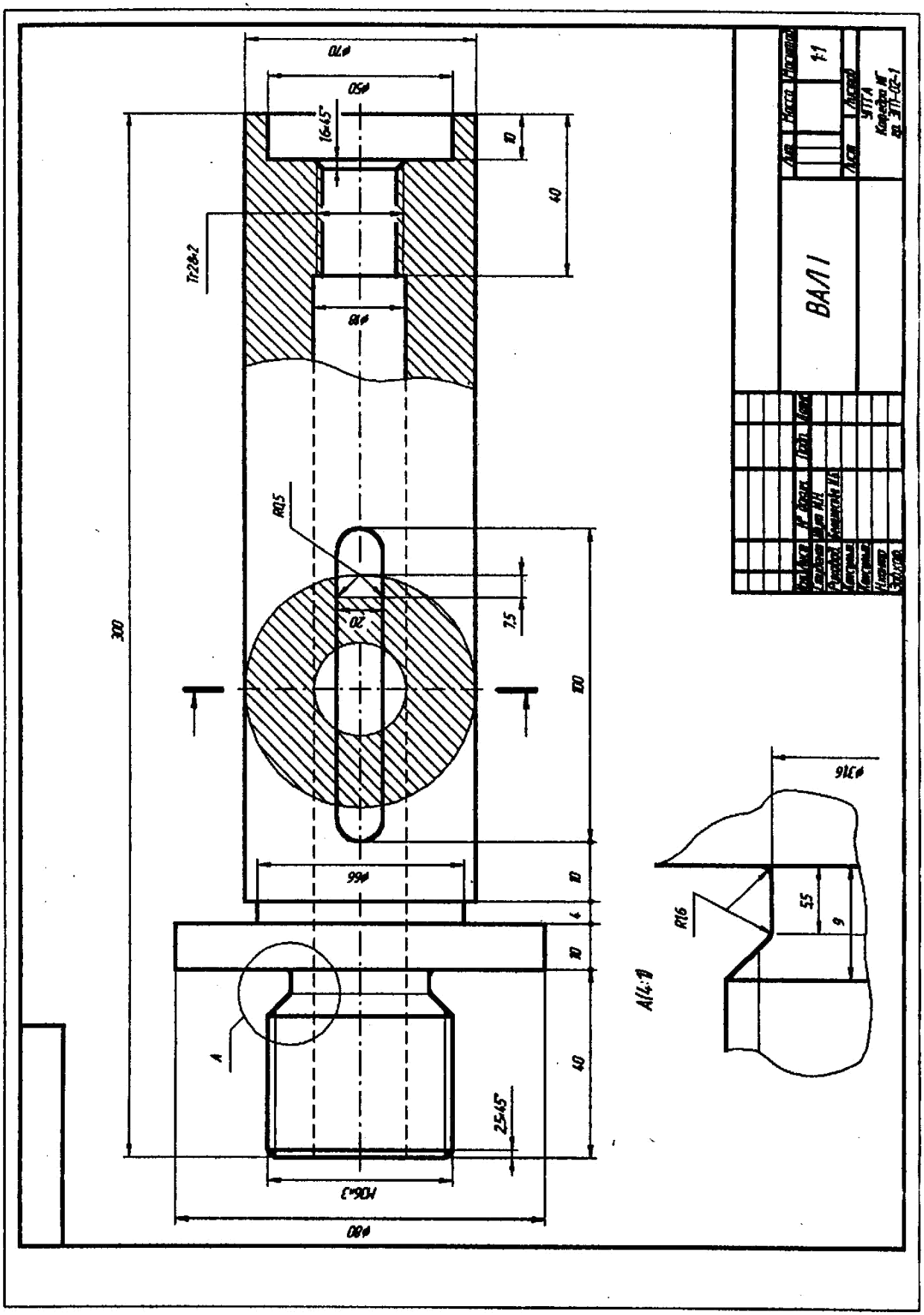
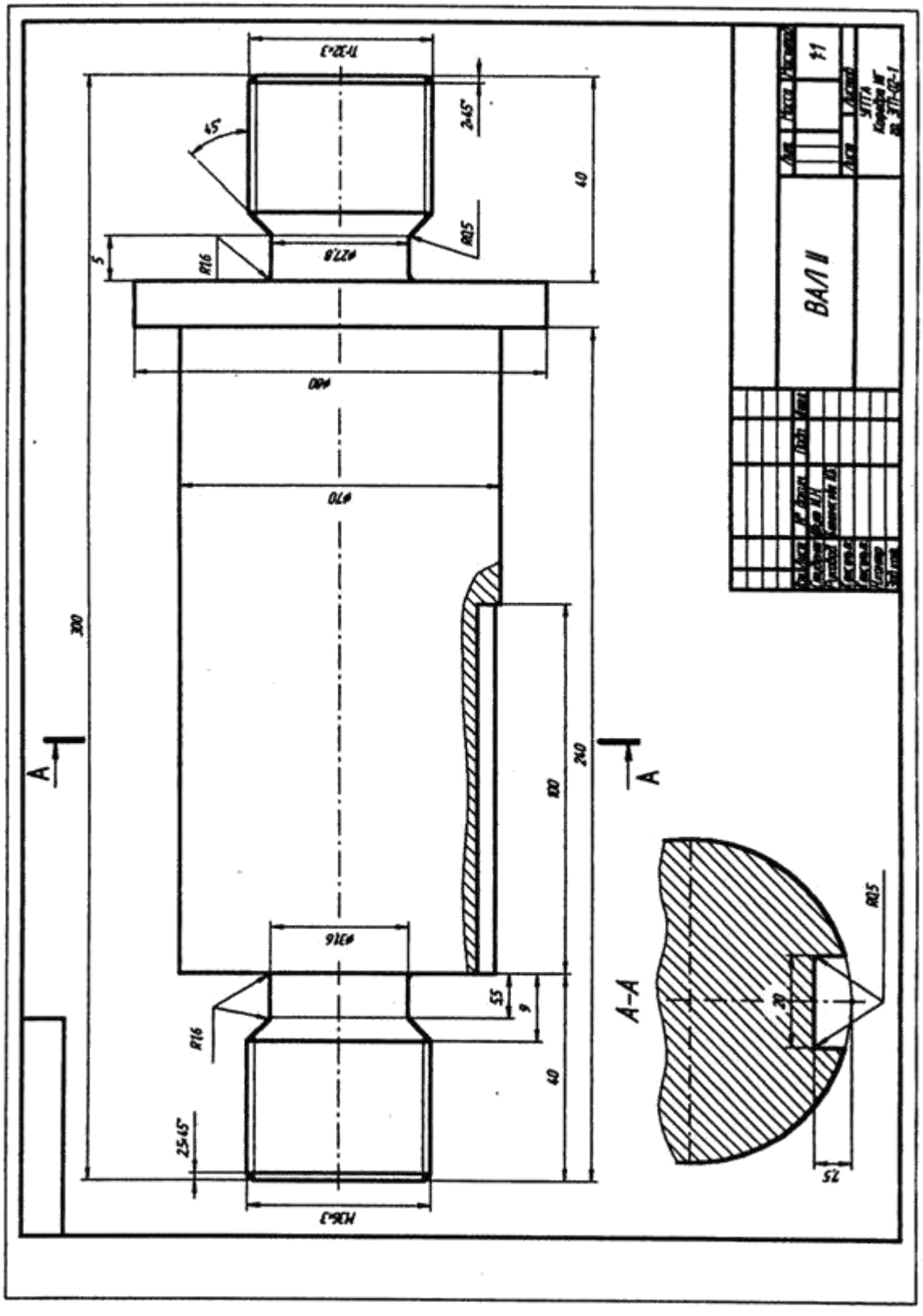
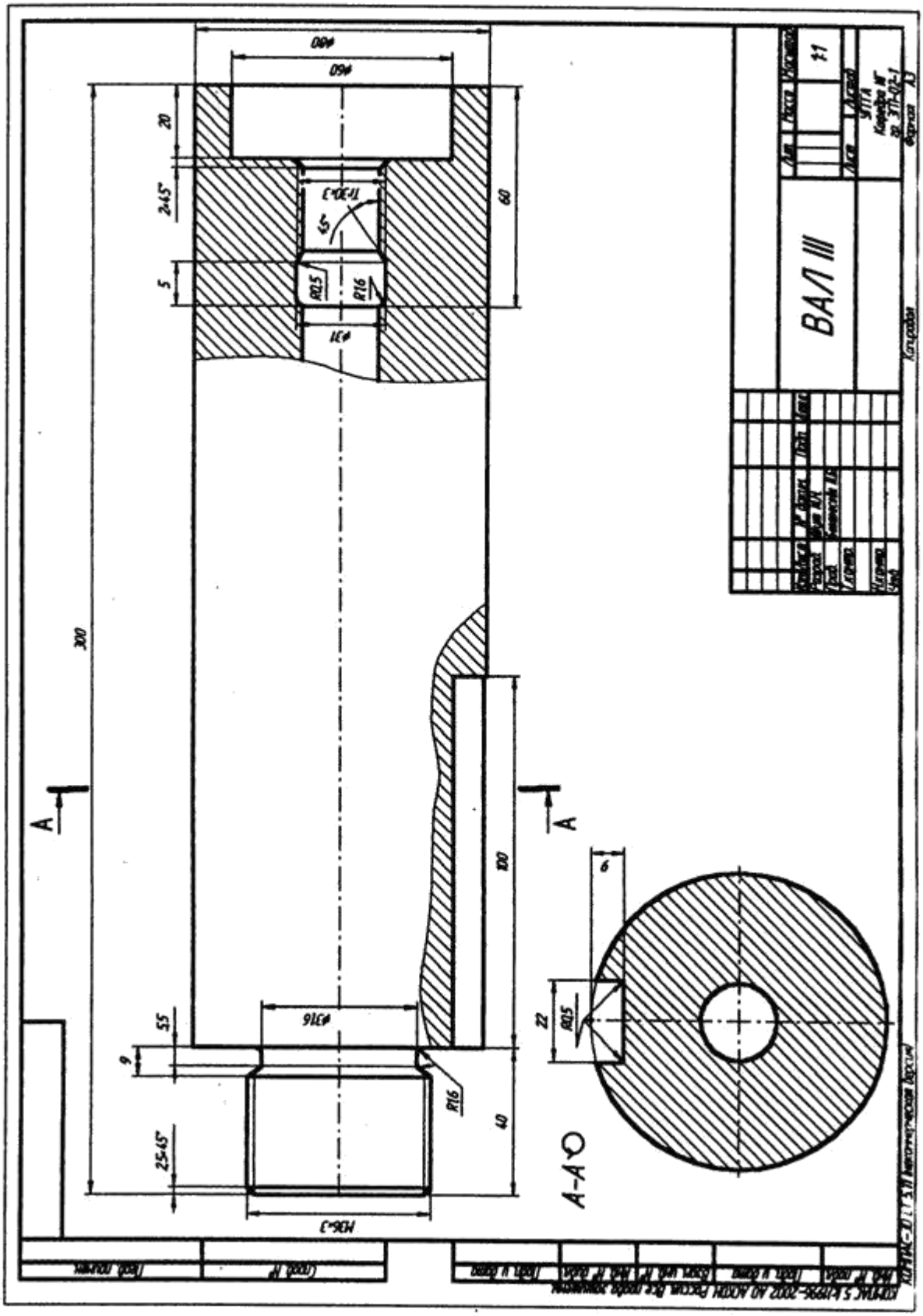


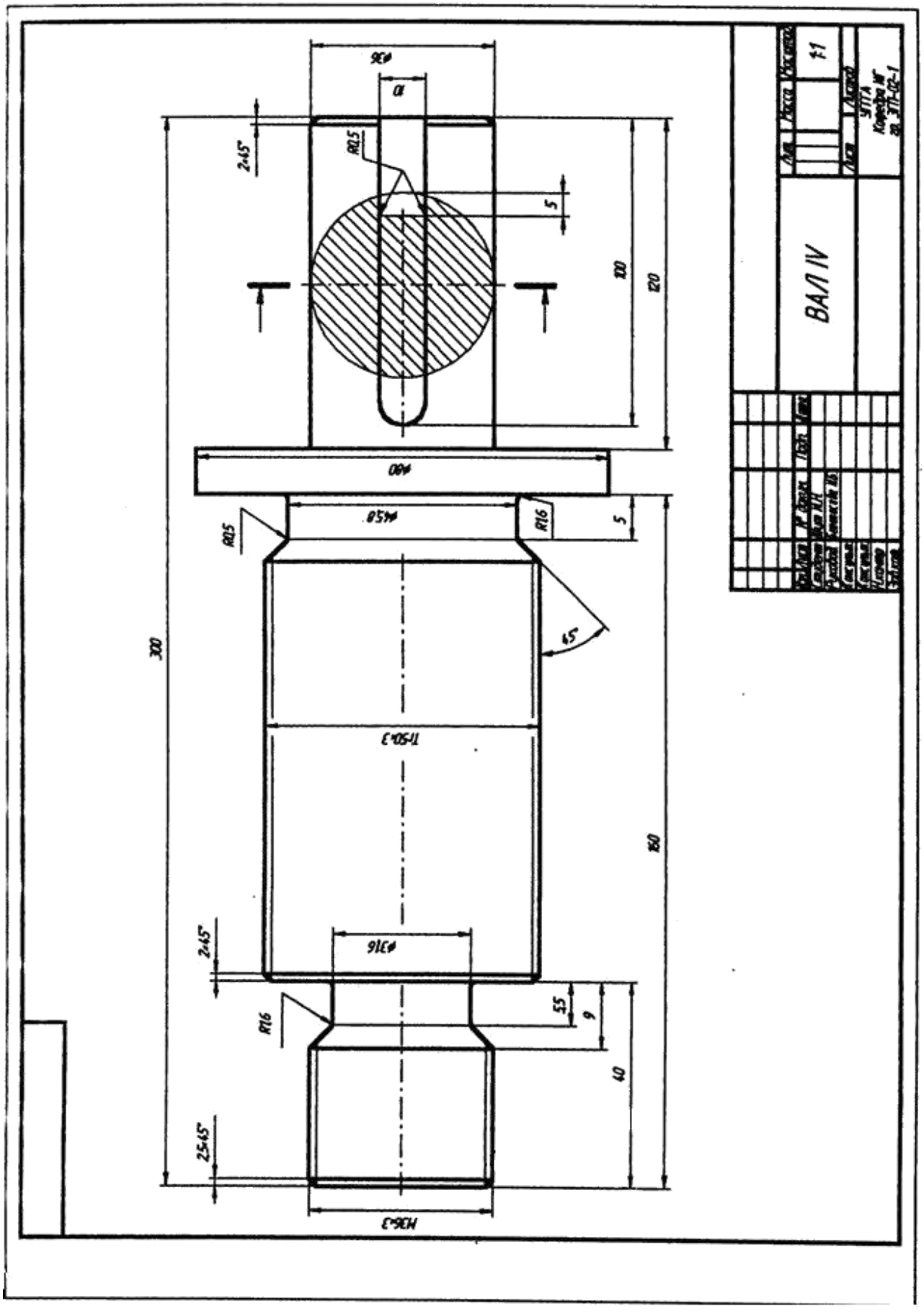
Таблица 12

Диаметр вала O	Шпоночный паз		
	Ширина *b*	Глубина *t*	Радиус закругления *r*
Свыше 22 до 30	8	4,0	От 0,16 до 0,25
30 38	10	5,0	0,25 0,40
38 44	12	5,0	0,16 0,40
44 50	14	5,5	0,25 0,40
50 58	16	6,0	0,25 0,40
58 65	18	7,0	0,25 0,40
65 75	20	7,5	0,40 0,60
75 85	22	9,0	0,40 0,60


ВАЛ I
1:1
300
100
40
10
7,5
4
55
9
R16
R15
A(4:1)


ВАЛ II
А-А
А
А
300
240
100
40
5
R16
R05
45
2,5
1:1


ВАЛ III
А-А
300
100
60
40
20
55
9
5
22
6


ВАЛ IV
Масса
Масштаб
Лист
Листов
1:1
Копировал
Формат А4
ГОСТ 2.109-73
ГОСТ 2.104-68
Н.контр.
Утв.
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Изм.
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Ø36
a
2×45°
R0,5
5
100
120
Ø60
Ø58
R16
5
R0,5
45°
300
180
Tr50×3
Ø36
2×45°
R16
5,5
9
40
2,5×45°
M36×3

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1990.
2. *Баева Г. Г.* Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
3. ГОСТ 27148-86 (СТ СЭВ 214-86). Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры.
4. *Попова Г. Н., Алексеев С. Ю.* Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1986.
5. *Потишко А. В., Крушевская Д. П.* Справочник по инженерной графике. – Киев: Будівельник, 1983.
6. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 1985.
7. *Розов С. В.* Курс машиностроительного черчения с элементами автоматизированного контроля. - М.: Машиностроение, 1980.
8. *Чекмарев А. А., Осипов В. К.* Справочник по машиностроительному чер-чению. М.: Высшая школа, 1994.

Ирина Борисовна Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

«Резьба»

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Подписано в печать . .201 г.
Бумага офсетная. Формат бумаги 60 84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе. Печ. л. 2,4 Уч.-изд. 2,05. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30 Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ



Министерство образования
Российской Федерации

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

В. Н. Бабич, Е. И. Шангина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «БЛОК-ДИАГРАММА» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 553200 – «ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ЕКАТЕРИНБУРГ

2003

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
инженерно-экономического
факультета
"8" сентября 2003 г.
Председатель комиссии
проф. Г.С.Карпов

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной
графической работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Издание УГГГА Екатеринбург, 2003

Методическое пособие по выполнению индивидуальной графической работы «Блок-диаграмма» по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов направления 553200 – «Геология и разведка полезных ископаемых». /В. Н. Бабич, Е. И. Шангина. - 2-е изд. стереотипное. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 15 с.

В работе рассмотрены теоретические вопросы по курсу «Проекции с числовыми отметками». Предложена методика решения задач по темам «Топографические поверхности», «Нахождение общих элементов плоскости и топографической поверхности», «Сечение топографической поверхности плоскостью», «Аксонометрические проекции».

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 26.09.2001 года (протокол №6) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Рецензент – Ю. И. Самохвалов, доцент УГГГА

© Шангина Е. И., 2001
© Шангина Е. И., 2003
© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2001
© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003

ВВЕДЕНИЕ

Эпюр выполняется на формате Al (594× 841) в масштабе 1:1000 и включает в себя решение следующих задач:

- построение линии выхода пласта на поверхность;
- построение прямого разреза (вкрест простирания);
- построение вертикальных профилей АВ, ВС, СД, ДА, определяемых сторонами заданного плана;
- построение линии среза пласта по горизонту 92,5;
- построение блок-диаграммы (ячеечной), ограниченного вертикальными профилями АВ, ВС, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность.

Исходные параметры всех вариантов сведены в таблицу №1 и задаются следующим образом:

1. Месторождение ограничено двумя параллельными плоскостями - плоскостью кровли пласта (верхняя плоскость) и плоскостью подошвы (нижняя плоскость). Плоскость кровли пласта задаётся точкой **F**(x,y,z), азимутом падения α, интервалом **l** (масштабом падения плоскости), параметры которых представлены в табл. l.

2. Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$ пласта нужна для построения плоскости, называемой подошвой, которая также задана в табл. 1.

3. Построение блок-диаграммы осуществляется в стандартной аксонометрической проекции, указанной ее номером. В конце таблицы для каждой стандартной аксонометрической проекции этот номер присвоен. Пример выполнения графической работы представлен на рис. 7.

Построение линии выхода пласта на поверхность

Для нахождения линии пересечения плоскости с топографической поверхностью необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат плоскости и заданной поверхности. На плане топографическая поверхность задается изогипсами - плоскими линиями, параллельными горизонтальной плоскости проекций, каждая из которых имеет свою высотную отметку. Надо построить горизонтали плоскости кровли, имеющие такие же высотные отметки, что и изогипсы на плане.

Плоскость кровли задана точкой **F**, азимутом падения α и интервалом **l** (см. табл.1). Построив плоскость кровли на плане (задав ее масштабом заложения), находим линию пересечения плоскости кровли с топографической поверхностью. Точки, принадлежащие линии пересечения, получаются в ре –

зультате пересечения соответствующих изогипс и горизонталей плоскости кровли, т. е. имеющих одинаковые высотные отметки, если таковые имеются в пределах плана (рис. 1).

Найденные общие точки соединяют плавной кривой, которая будет являться линией пересечения плоскости и топографической поверхности.

Полученная линия кровли пласта обводится красным цветом.

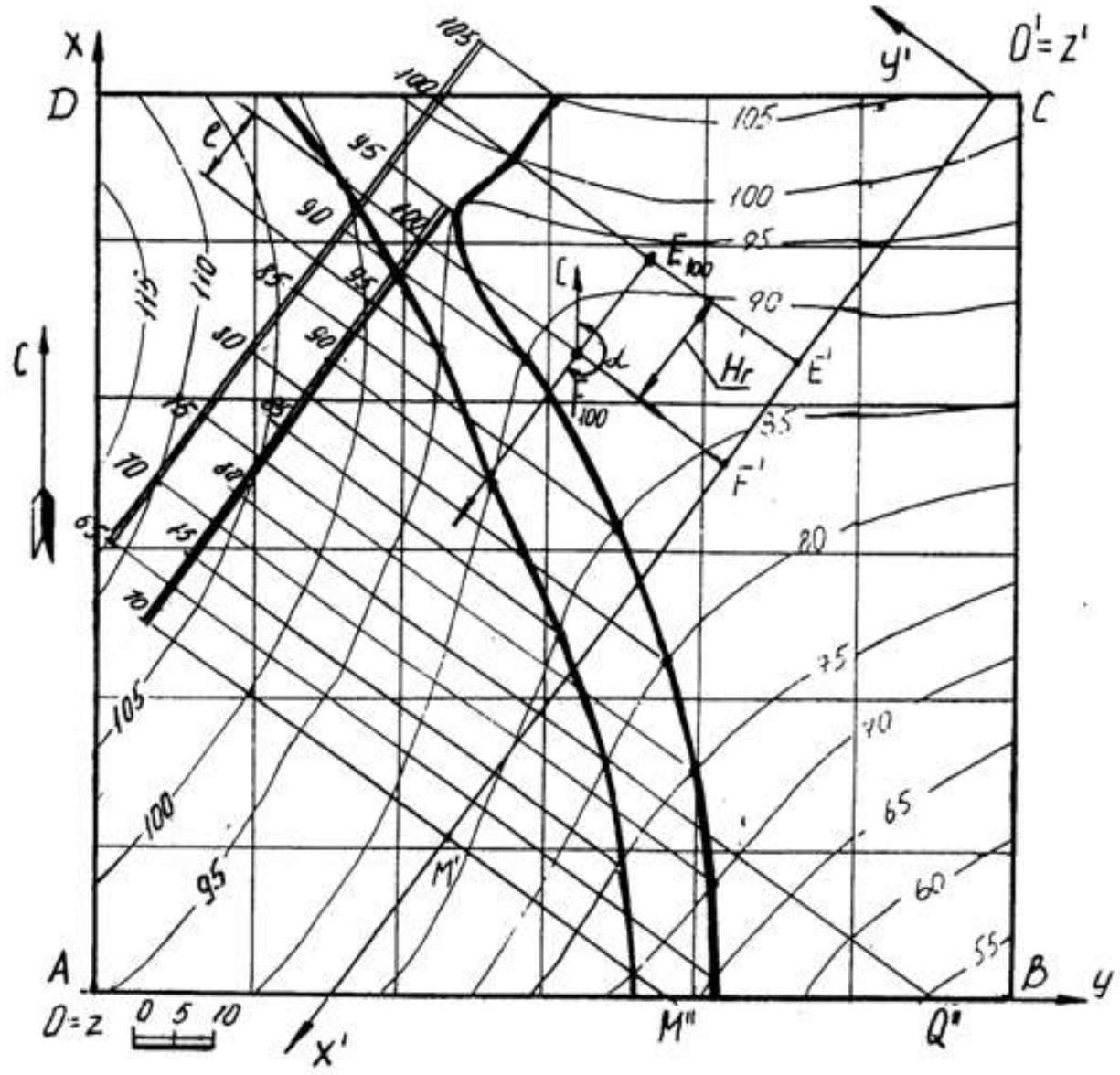


Рис 1

Пересечение плоскости подошвы пласта и топографической поверхности

Плоскость кровли пласта и плоскость подошвы пласта - две параллельные плоскости. Следовательно, на чертеже горизонтали этих плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения равны, направления падения их совпадают.

Горизонтальная мощность пласта определяется расстоянием между плоскостями кровли и подошвы пласта, измеряемое в горизонтальном направлении и в нашем случае равна $\mathbf{H}_г$ (см. табл.1). Следовательно, отложив от точки **F** расстояние, равное $\mathbf{H}_г$ по направлению восстания плоскости пласта (т. к. плоскость подошвы ниже плоскости кровли), получим точку **E** с такой же высотной отметкой, как и у точки **F** (рис.1). Направление и масштаб заложения подошвы пласта будут такими же, как и у кровли пласта. Плоскость подошвы пласта определяется точкой **E**, азимутом падения α и интервалом **l**.

Строят те горизонтали подошвы пласта, высотные отметки которых совпадают с высотными отметками изогипс. Находят общие точки, которые соединяют плавной кривой линией. Полученная линия подошвы пласта обводится синим цветом.

Полное построение линии выхода пласта на поверхность показано на рис.1.

Построение прямого разреза (вкрест простирания)

На плане выбирают вертикальную плоскость, перпендикулярную к горизонталям пласта (в удобном месте, как показано на рис. 1). Полученный разрез называется прямым или вкрест простирания.

Разрез ограничивается нулевой плоскостью, топографической поверхностью и прямыми пересечения плоскости прямого разреза с ближайшими вертикальными плоскостями, ограниченными прямоугольником ABCD.

Для построения прямого разреза вводят декартову систему координат x'O'y' на плане, где ось O'x' совпадает с плоскостью разреза, ось O'y' перпендикулярна к оси O'x' (по часовой стрелке), ось z' проецируется в точку (рис. 1).

Вертикальный прямой разрез будет определяться осью O'x' и осью O'z', где координата z' будет равна числовой отметке соответствующей изогипсы (рис. 2). Таким образом, получают построение вертикального прямого (вкрест простирания) разреза, на котором строят следы пласта.

Для построения следов пласта на разрезе вкрест простирания поступают так. По горизонтали переносят точку **F** на след плоскости вертикального

разреза – ось O'x' и любую из горизонталей (например, 70) – точки F' и M' (рис. 1). На профиле (рис. 2) через полученные точки F' и M' проводят перпендикуляры, на которых откладывают высотные отметки кровли пласта. Затем проводят прямую линию – след кровли пласта.

Подошва пласта отстоит от кровли пласта на расстоянии, равном горизонтальной мощности пласта и строится параллельно плоскости кровли (рис. 2 – профиль ограничен нижней плоскостью с отметкой 40).

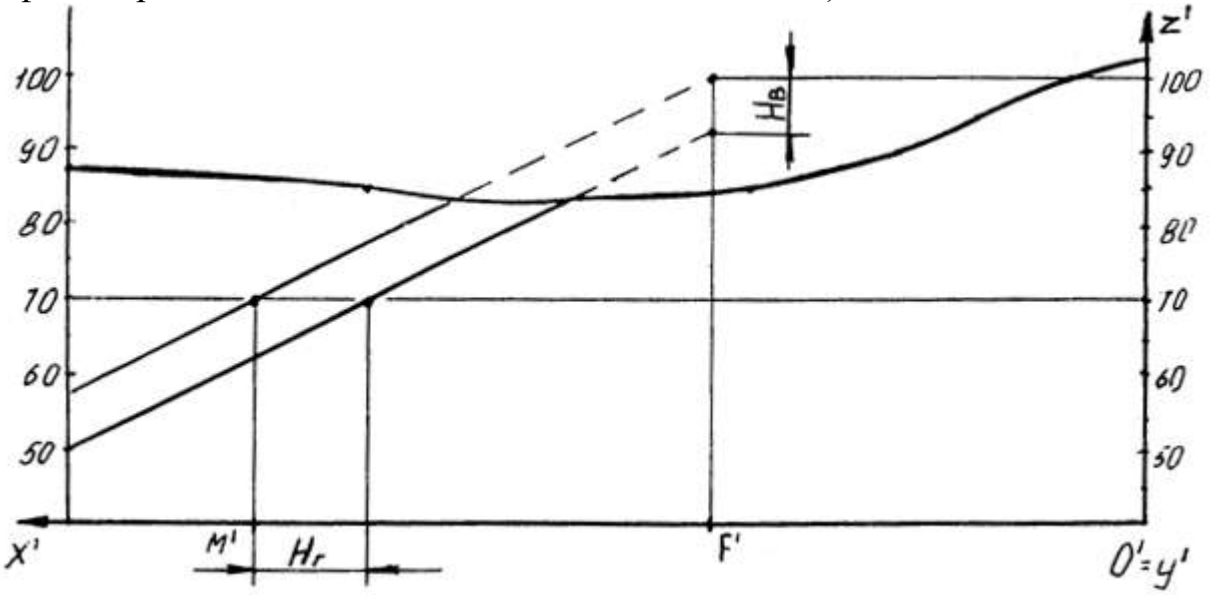


Рис. 2

Построение вертикальных профилей AB, BC, CD, DA выполняется аналогично. Пример построения вертикального профиля AB показан на рис. 3. Для построения подошвы от прямой следа плоскости кровли пласта откладывают вертикальную мощность $\mathbf{H_в}$, взятую с разреза вкрест простирания и проводят прямую, параллельную следу плоскости кровли.

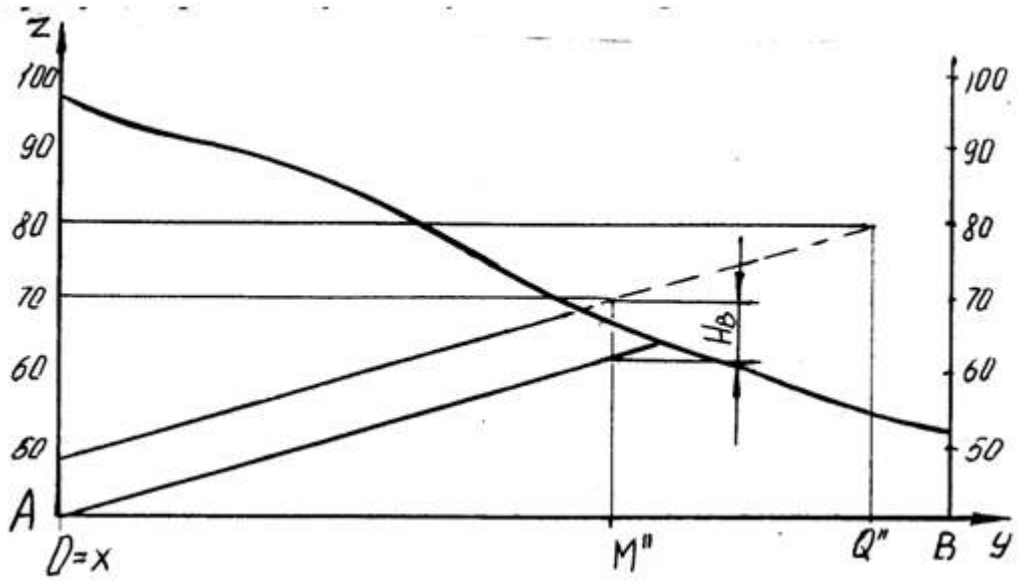


Рис. 3

Нахождение высотной отметки точки, не лежащей на изогипсе

Для построения высотной отметки точки а (рис. 4), не лежащей на изогипсе, поступают следующим образом:

- через точку А проводят кратчайшую прямую I II между изогипсами 50 и 60;

- из точки пересечения с изогипсой 60 проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают отрезок, равный разности высотных отметок (т. е. 10) в заданном масштабе – точка II';

- соединяют полученную точку II' с точкой II, имеющей отметку 50 и с помощью подобных треугольников переносят точку А на прямую I II', которую называют «высотной шкалой».

Таким образом точка А имеет высотную отметку 57.

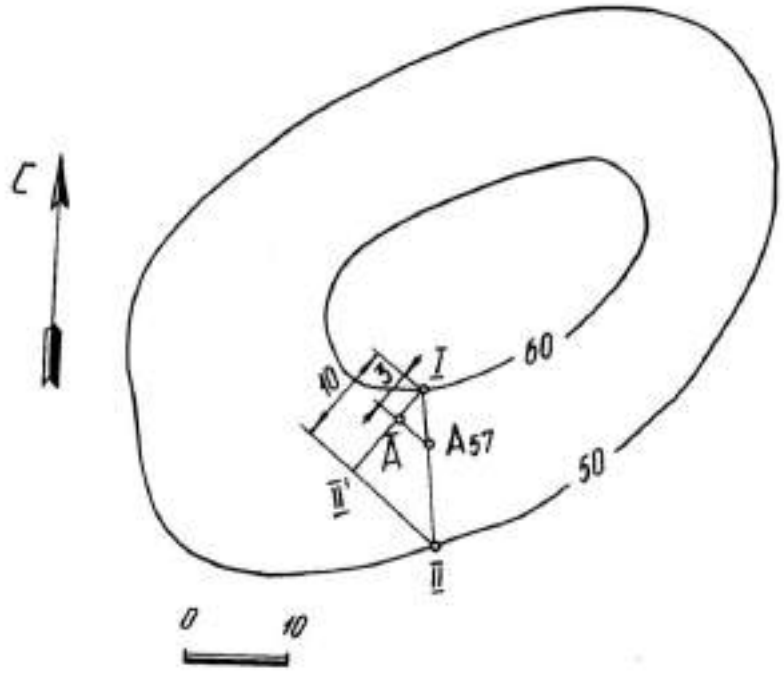
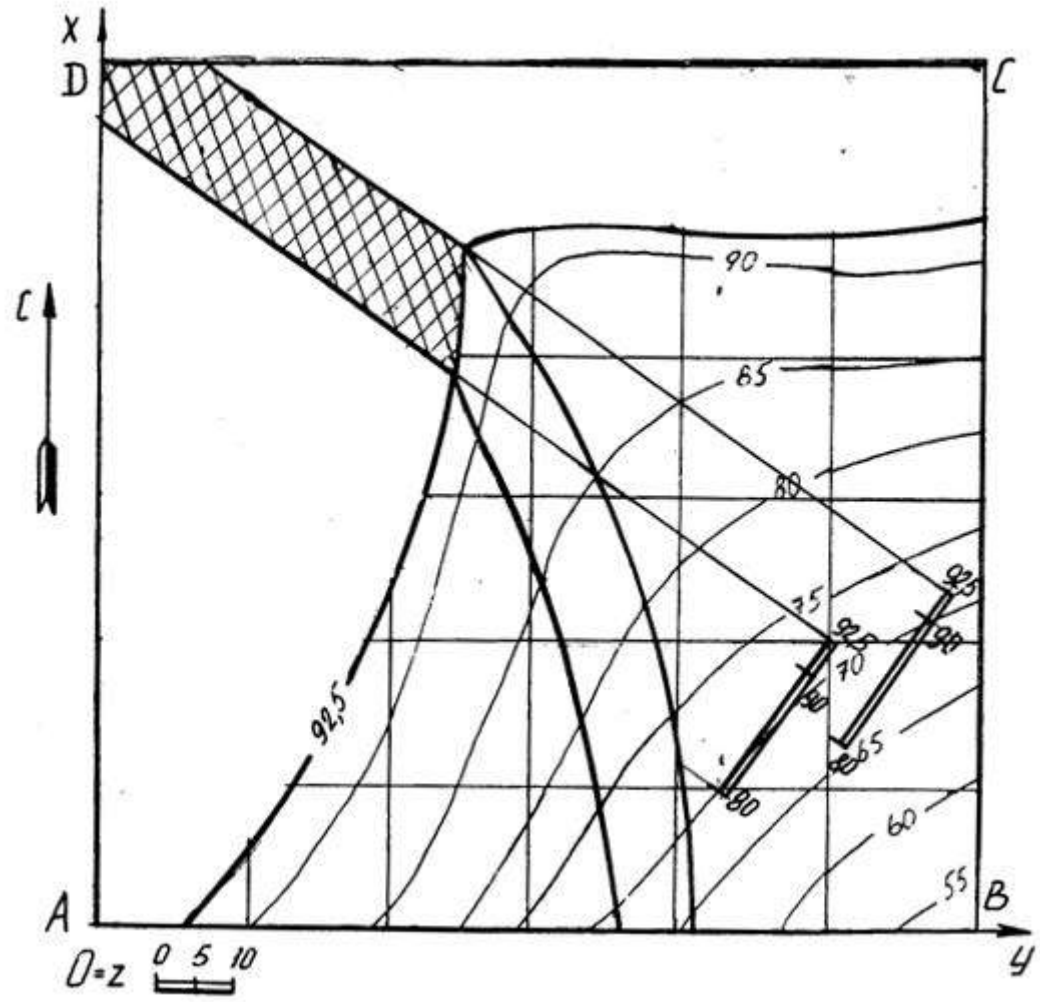


Рис. 4

Построение плана среза по горизонту 92,5

Для построения плана среза воспользуемся умением находить высотные отметки точек, не лежащих на изогипсах, который был рассмотрен ранее.

Количество точек, необходимых для построения изогипсы 92,5, определяется самостоятельно в зависимости от конфигурации рядом лежащих изогипс. План среза по горизонту 92,5 показан на рис. 5.



Построение блок диаграммы части месторождения, ограниченного вертикальными профилями AB, BC, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность

Блок диаграммой будем называть аксонометрическую проекцию части земной коры, ограниченную четырьмя вертикальными плоскостями, горизонтальной плоскостью (например, с отметкой ноль) и топографической поверхностью. Блок диаграмма строится ячеечная, т. е. заданный план разбивается на квадраты, размеры которых 250×250. Затем построения осуществляются по следующему алгоритму.

Алгоритм построения:

- на план наносим декартову систему координат, у которой ось X совпадает с AD, ось Y совпадает с DC, ось Z совпадает с точкой D;

- строим декартову систему координат в указанной аксонометрической проекции (прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия - военная пер-

спектива, косоугольная фронтальная изометрия – кавальерная проекция) согласно ГОСТ 2.317 – 69;

- построение осуществляется по координатам тех точек, которые имеют точные высотные отметки, с учетом коэффициентов искажения по координатным осям. Пример построения показан на рис. 6.

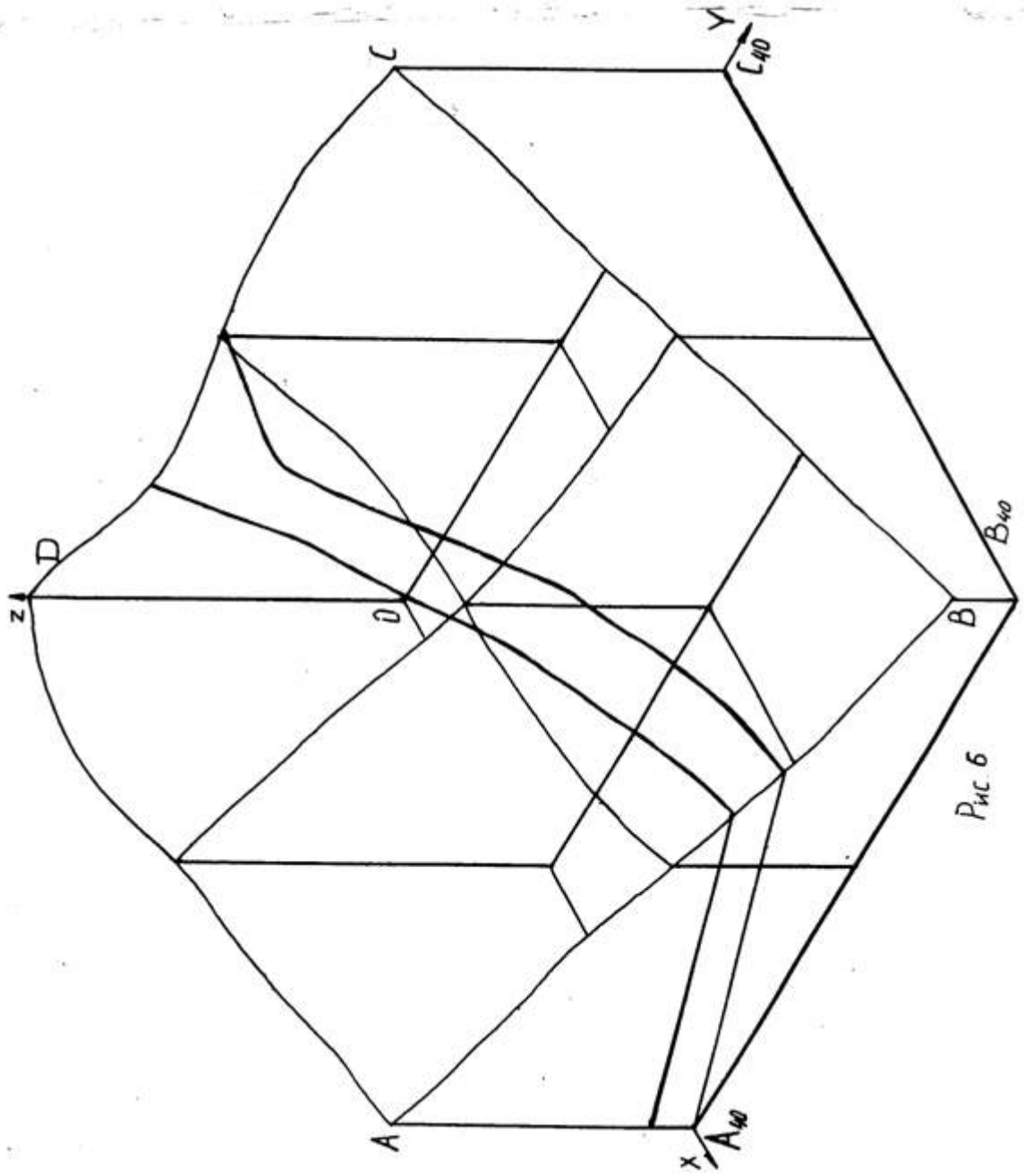


Рис 6

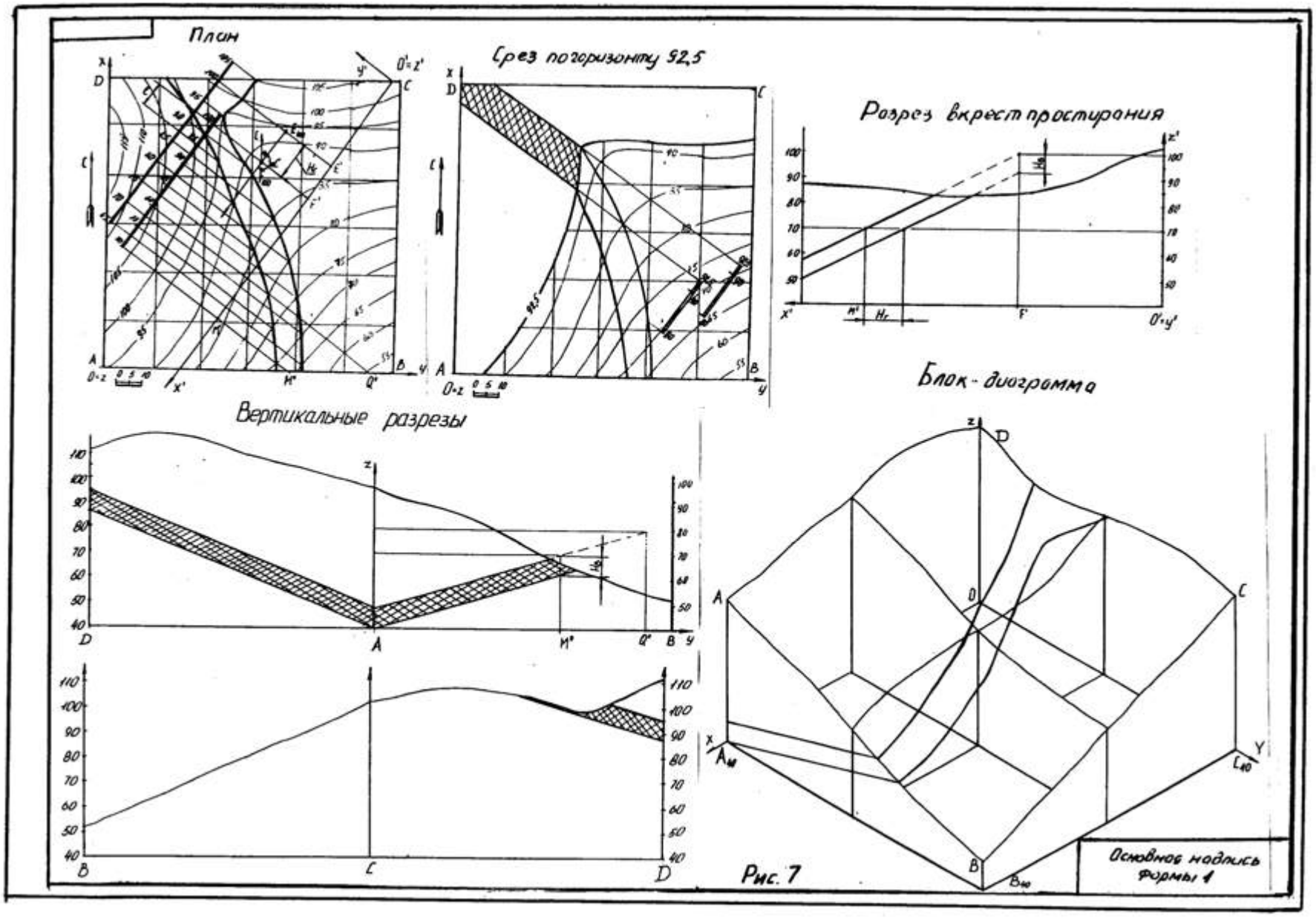

План
Срез погоризонту 92,5
Розрез вкрест простирання
Блок-диаграмма
Вертикальные разрезы
Основной надпись формы 1

Рис. 7

Таблица 1

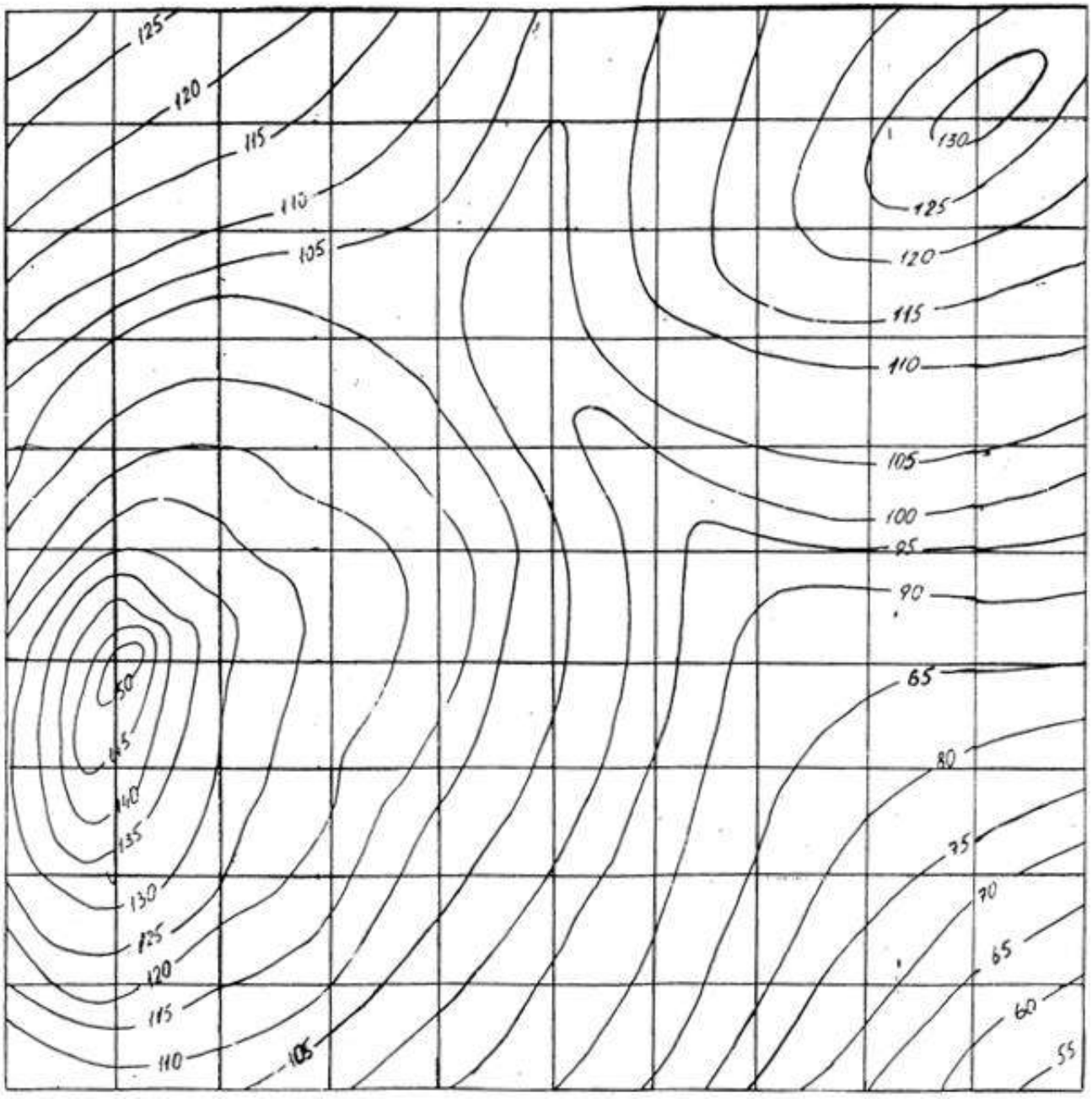
Номер варианта	Точка **F**			Азимут падения α°	Интервал плоскости кровли **l**, мм	Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$, мм	Вид аксонометрии
	x	**y**	**z**				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	10	120	210	20	180	1
2	20	85	110	170	20	75	2
3	67	40	100	210	20	30	3
4	78	25	120	190	20	50	4
5	98	110	105	80	20	30	5
6	40	135	105	30	20	15	1
7	60	60	85	225	20	45	2
8	38	105	100	135	14	17	3
9	46	10	120	210	20	155	4
10	20	85	110	170	20	95	5
11	67	40	100	210	20	100	1
12	78	25	120	190	20	85	2
13	98	100	105	80	20	15	3
14	40	135	105	30	20	45	4
15	60	60	85	225	20	65	5
16	38	105	100	135	14	31	1
17	55	40	95	190	20	70	2
18	46	10	120	210	20	135	3
19	20	85	110	170	20	110	4
20	67	40	100	210	20	125	5
21	78	25	120	190	20	105	1
22	135	20	120	260	20	135	2
23	20	110	115	30	20	30	3
24	98	35	80	225	20	45	4
25	38	105	100	135	14	60	5
26	46	10	120	210	20	115	1
27	115	135	130	170	20	20	2
28	27	42	100	210	20	75	3
29	115	135	130	170	20	50	4
30	97	95	115	210	20	70	5
31	135	20	120	260	20	145	1
32	58	177	80	135	14	31	2
33	27	42	100	210	20	95	3
34	115	135	130	170	20	65	4
35	97	95	115	210	20	95	5

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
36	58	177	80	135	14	42	1
37	27	42	100	210	20	115	2
38	98	35	80	225	20	25	3
39	58	177	80	135	14	68	4
40	27	42	100	210	20	140	5

1 - прямоугольная изометрия (изометрия)
2 - прямоугольная диметрия (диметрия)
3 – косоугольная фронтальная диметрия (кабинетная проекция)
4 - косоугольная фронтальная изометрия (кавальерная проекция)
5 - косоугольная горизонтальная изометрия (военная перспектива)

ПЛАН ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Бабич Владимир Николаевич
Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 0,9 Уч. - изд. 0,83. Тираж 100 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



Е. И. Шангина

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

Екатеринбург – 2006

УДК 514.18
Ш 20
Шангина Е. И.
Ш 20 Компьютерная графика: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 189 с.: ил.
ISBN 5-8019-0098-5

В пособии рассматривается графический интерфейс системы AutoCAD, описываются средства создания двух- и трёхмерных объектов. Приводятся методики и рассматриваются конкретные примеры создания чертежей, позволяющие студентам, начинающим изучение компьютерной графики, легко адаптироваться к среде системы AutoCAD. Пособие содержит описание базовых команд, необходимых для создания твёрдотельных моделей и выполнения чертежей в ортогональных и аксонометрических проекциях.

Отличие этого пособия от существующих в том, что даются основные понятия теории множеств и размерности для корректного задания на чертеже (экране компьютера) различных геометрических многообразий (точка, прямая, плоскость, кривые линии и т. д.).

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 170100-«Горные машины и оборудование», а также может быть использовано студентами технических специальностей всех форм обучения, изучающих курс «Компьютерная графика».

Рецензенты:

В. Н. Бабич – канд. техн. наук, профессор кафедры «Теория искусства, архитектуры и дизайна» Уральской государственной архитектурно-художественной академии.

Д. В. Куреннов– канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная геометрия и автоматизация проектирования» Уральского государственного технического университета (УПИ).

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

© Уральский государственный
горный университет, 2006
© Шангина Е. И., 2006

ISBN 5-8019-0098-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Количество прикладных программных систем, функционирующих на персональных компьютерах и решающих различные задачи в различных отраслях промышленности, на сегодняшний день достаточно велико. Направленность и решаемые ими задачи различны. Одна из наиболее важных составляющих использования компьютерной графики – знание законов построения геометрической модели проектируемого объекта, теоретической основой которых является начертательная геометрия.

Известно, что современная начертательная геометрия занимается теорией методов моделирования пространств и многообразий различной размерности (возможно с дополнительной структурой) точками плоскости (экран компьютера тоже плоское поле). Другими словами, начертательная геометрия занимается изучением взаимно однозначных и взаимно непрерывных отображений. При построении какого-либо многообразия, независимо от геометрического определителя, размерность этого многообразия не изменяется. Таким образом, одним из инвариантов является размерность.

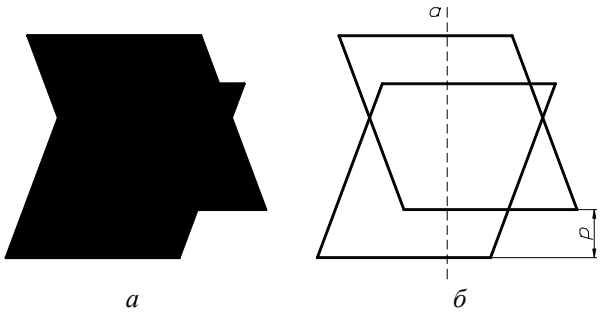
Приведём пример построения окружности в системе ***AutoCAD***. Известно, что окружность задаётся тремя параметрами. Поэтому, вызывая команду ***CIRCLE*** (КРУГ) – формирование окружности – построение может производиться путём задания: 1) центра и радиуса или 2) трёх точек (3P), или 3) двух точек, которые определяют диаметр (2P); 4) двух касательных и радиуса (Ttr); 5) трёх касательных (Tan Tan Ta). В некоторых случаях окружность удобнее задавать одним из перечисленных способов, но число параметров, определяющих данную окружность, остаётся неизменным, то есть равным трём. Таким образом, применяя теорию размерности, можно находить различные решения при построении новых моделей в среде компьютерных программ.

Кроме этого, в современных программах для создания графических объектов нередко используются команды меню «Редактор» («Зеркало», «Поворот», «Сдвиг»», «Копия» и др.), которые позволяют ускорять и упрощать процесс создания чертежа, при этом возрастает точность геометрических построений.

Теоретической основой построения чертежей с использованием этих команд является симметрия. С точки зрения теории симметрии команда «Зеркало» представляет собой осевую симметрию; команда «Поворот» - поворотную симметрию; «Сдвиг» - параллельный перенос; «Копия» - движение, сохраняющее тождественное преобразование. Однако чаще всего студенты не владеют теорией симметрии и поэтому строят чертёж привычными методами, при которых используются традиционные чертёжные инструменты.

Примером может служить метод построения геометрической фигуры, показанной на рис.1.

Построение геометрической фигуры (рис. 1, а), как ни странно, осуществляется последовательным заданием семейства точек или ломаной линии. Однако такая методика является неверной, так как снижается точность изображения и усложняются построения. Указанные недостатки могут быть устранены весьма простым способом – построением скользящей симметрии параллелограмма (рис.1, б), представляющей композицию (произведение) осевой симметрии с осью *a* и параллельного переноса *p*.



а *б*

Рис. 1.

Итак, построение геометрических фигур на основе их инвариантных характеристик – это основной принцип, который позволяет значительно упростить освоение компьютерной графики.

Использование графических компьютерных программ, безусловно, позволило поднять на новый уровень графические методы решения различных технических задач, за счёт резкого повышения точности построений. Но при этом не следует забывать о теории формирования геометрических моделей, в основе которой лежат классические методы начертательной геометрии.

Глава 1
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. МНОЖЕСТВА

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Понятие множества является одним из основных неопределяемых понятий математики. Вводя понятие «***множество***», обычно поясняют его смысл на примерах: библиотека – множество книг; алфавит – множество букв; лес – множество деревьев и т. д. В геометрии прямую, плоскость, пространство, прежде всего, понимают как множество точек.

Объекты, из которых состоит множество, называются его элементами. Множества имеют определённые характеристические свойства. Например, если имеем множество целых чисел, то буква не является элементом этого множества. Множество, элементы которого можно подсчитать, называется конечным множеством, в противном случае – бесконечным. Например, множество страниц книги конечно, так как его можно подсчитать; время – бесконечное множество. Если все элементы множества M являются частью множества N, то M называется подмножеством N. Например, прямая, лежащая в плоскости, является подмножеством множества точек плоскости. Другой пример: студенты одной группы являются подмножеством студентов всего института.

Рассмотрим основные теоретико-множественные понятия: 1) принадлежность ($\in$); 2) включение ($\subset$); 3) пересечение ($\bigcap$); 4) объединение ($\bigcup$); 5) разность (\ ); 6) пустое множество ($\varnothing$):

1. Если m есть элемент множества M, записывают $m \in M$; если m не принадлежит M, то пишут $m \notin M$. Множество, которое не содержит ни одного элемента, называется пустым множеством и обозначается $\varnothing$. Точка является нульмерным множеством (это аксиома и определению не подлежит).
2. Если любой элемент множества M принадлежит множеству N, то M называют ***подмножеством*** множества N. Символическая запись: $M \subset N$ («множество M содержится в N»). При этом N называют надмножеством (объемлющим множеством) множества M.
3. Множество, состоящее из общих элементов нескольких множеств A, B, C, …, называется пересечением этих множеств и обозначается $A \bigcap B \bigcap C, \ldots$.
4. Объединение (или сумма) множеств M и N $(M \cup N)$ – это множество, элементами которого являются все элементы множества M и множества N.
5. Разностью множеств M и N называется множество, состоящее из элементов, принадлежащих M, но не принадлежащих N $(M \setminus N)$. Если $N \subset M$, то разность $M \setminus N$ называют дополнением множества N в множестве M и обозначают $\overline{N}$; при этом $N \cup \overline{N} = M$.

Рассмотрим три множества точек, координаты которых удовлетворяют следующим уравнению и неравенствам (рис. 1):

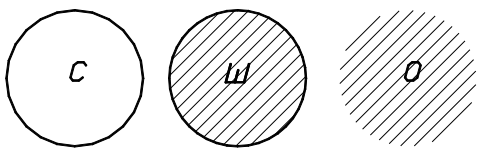


Рис. 1.

Сфера: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ – **С**.
Шар: $x^2 + y^2 + z^2 \le 1$ – **Ш**.
Открытый шар: $x^2 + y^2 + z^2 < 1$ – **О**.

В этом случае справедливы следующие теоретико-множественные тождества:
$\mathbf{C} \bigcap \mathbf{Ш} = \mathbf{C}$, $\mathbf{Ш} \bigcap \mathbf{О} = \mathbf{О}$, $\mathbf{C} \bigcap \mathbf{О} = \varnothing$;
$\mathbf{C} \bigcup \mathbf{Ш} = \mathbf{C} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш} \bigcup \mathbf{О} = \mathbf{Ш}$;

Ш\С=О, **Ш\О=С**, **О\С=О**, **С\О=С**;
С\Ш=О\Ш=∅; **С=О**, **О=С**, **Ш=∅**.

При определении пересечения трех и большего числа множеств пользуются следующими свойствами пересечения:

$M \cap N = N \cap M$ – коммутативность (то есть переместительный закон, выражающий независимость получаемого множества при пересечении множеств M и N от их перестановки);

$(L \cap M) \cap N = L \cap (M \cap N)$ – ассоциативность (то есть сочетательный закон, выражающий независимость получаемого множества от замены некоторых множеств их пересечением);

$M \cap M = M$ – идемпотентность (то есть результатом пересечения множества M самого с собой является множество M).

Операции пересечения, объединения, разности позволяют исходя из данных множеств строить новые множества. Другим же распространенным приемом конструирования множеств является то, что некоторые подмножества данного множества объявляются элементами нового множества. Рассмотрим несколько примеров.

ПРИМЕР 1. Множество прямых на плоскости называют плоским полем прямых. Элементами этого множества являются все прямые данной плоскости. ***Пучок прямых*** – множество прямых, проходящих по плоскости через данную точку (если эта точка несобственная (бесконечно удаленная), имеем пучок параллельных прямых).

ПРИМЕР 2. Множество прямых пространства называют линейчатым пространством. Примерами подмножеств линейчатого пространства могут служить следующие множества. ***Связка прямых*** – множество прямых пространства, проходящих через заданную точку (если эта точка несобственная, имеем связку параллельных прямых). ***Специальный линейчатый комплекс*** - семейство прямых, пересекающих данную прямую. ***Гиперболическая линейная конгруэнция*** – множество прямых, пересекающих две скрещивающиеся прямые (называемые ее осями или директрисами). Множество прямых, пересекающих три скрещивающиеся прямые, называется ***регулюсом***, или ***линейчатой поверхностью***.

ПРИМЕР 3. ***Пучок плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную прямую (если прямая несобственная, имеют пучок параллельных плоскостей). ***Связка плоскостей*** – множество плоскостей, проходящих через заданную точку.

ОТНОШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

Пусть между элементами множества M определено некоторое отношение ~, то есть для любых двух элементов $a \in M$ и $b \in M$ известно $a \sim b$ (читается «a эквивалентно b»). Это отношение должно удовлетворять следующим требованиям:

1) $a \sim a$ - рефлексивность;

2) если $a \sim b$, то $b \sim a$ - симметричность;

3) если $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$ - транзитивность.

Знак ~ называется ***отношением эквивалентности***.

ПРИМЕР 1. В линейчатом пространстве параллельность прямых ***a, b, c,…*** является отношением эквивалентности, так как 1) $a \| a$, 2) если $a \| b$, то $b \| a$, 3) если $a \| b$ и $b \| c$, то $a \| c$.

ПРИМЕР 2. Отношение перпендикулярности на множестве прямых плоскости симметрично ($a \perp b$ и $b \perp a$), но не рефлексивно и не транзитивно и поэтому отношением эквивалентности не является.

В связи с заданием на множестве M отношения эквивалентности оно разбивается на непересекающиеся подмножества, называемые ***классами эквивалентности***: в один класс входят эквивалентные между собой элементы. Пересечение любых двух классов пусто, а объединение всех классов эквивалентности есть M (M – это «слоеный пирог», а классы – это слои). Множество, элементами которого являются классы эквивалентности (слои), называет-

ся ***фактор-множеством*** множества ***M*** по отношению к эквивалентности ~. Фактор-множество в примере 1 – это множество связок параллельных прямых.

Два множества называются ***эквивалентными***, если между их элементами можно установить взаимно однозначное соответствие. Под взаимно однозначным соответствием будем понимать такое соответствие, при котором любому элементу одного множества ставится в соответствие единственный элемент другого множества, и, наоборот, любым различным (не совпадающим) элементам одного множества соответствуют различные элементы другого множества, задействованы все элементы обоих множеств.

Об эквивалентных множествах говорят, что они имеют одинаковую мощность. Эквивалентные конечные множества состоят из одного и того же числа элементов. Если бы это было не так, то при установлении взаимно однозначного соответствия каким-то элементам не было бы соответствующих. В случае конечных множеств понятие мощности совпадает с понятием числа элементов.

1.2. ОТОБРАЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Одним из фундаментальных понятий современной математики является понятие ***функции***. Как известно, переменная ***y*** называется функцией переменной ***x***, если каждому значению ***x***, взятому из области её определения, отвечает одно или несколько значений ***y***. Это записывают так: $y = f(x)$. Большое значение имеют однозначные функции, когда каждому значению ***x*** соответствует единственное значение ***y*** (и наоборот).

Геометрическим аналогом понятия однозначной функции является ***отображение***. Тогда под ***x*** и ***y*** понимают какие-либо геометрические образы: точки, прямые, плоскости, окружности…. Для конкретности в дальнейшем под ***x*** и ***y*** будем понимать точки.

Если даны два множества $X(x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n)$, $Y(y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n)$ и указано правило, по которому каждому элементу x_i множества ***X*** ставится в соответствие определённый элемент y_i множества ***Y***, то говорят, что задано отображение ***f*** множества ***X*** в множество ***Y***, и пишут: $f : X \to Y$ (рис. 2). При этом элемент y_i называется образом элемента x_i, а x_i – прообразом элемента y_i. Символическая запись $y = f(x)$ читается: «в отображении ***f*** элементу ***x*** соответствует элемент ***y***» или «отображение ***f*** переводит ***x*** в ***y***».

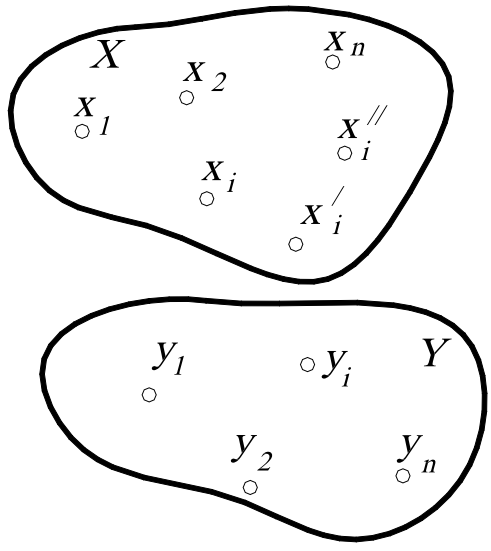


Рис. 2.

Множество ***X*** называют ***областью определения (областью отправления)***, а ***Y*** - ***областью значений (областью прибытия)*** отображения ***f***.

Пусть область определения ***X*** состоит из множества точек $x_1, x_2, x_3\ldots, x_i, x_n$, а область значений ***Y*** – из множества точек $y_1, y_2, y_3\ldots, y_i, y_n$ (см. рис. 2). Следовательно, при отображении любой точке x_i в области ***X*** соответствует единственный образ y_i в области ***Y***, но точка y_i может иметь несколько прообразов $x_i, x_i^{/}, x_i^{//} \ldots$. Следовательно, обратное соответствие $x = f^{-1}(y)$ является в этом случае неоднозначным.

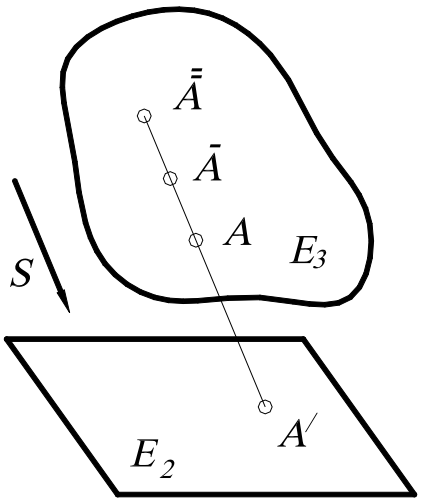


Рис. 3.

Таким образом, об отображении можно говорить, если заданы два множества и некоторое правило или закон, по которому элементы множеств образуют пары, причем эти множества по этому закону, вообще говоря, не равноправны.

Наглядной иллюстрацией сказанного является отображение точек трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ на плоскость (двумерное пространство) $\boldsymbol{E^2}$ путём параллельного проецирования (рис. 3): каждая точка $\boldsymbol{A}$ трёхмерного пространства $\boldsymbol{E^3}$ в данном направлении $\boldsymbol{S}$ проецируется в единственную точку $\boldsymbol{A'}$ плоскости $\boldsymbol{E^2}$. Однако в точку $\boldsymbol{A'}$ проецируется не только точка $\boldsymbol{A}$, но и все точки $\bar{\bar{\boldsymbol{A}}}, \bar{\boldsymbol{A}}, \ldots$.

Рассмотрим пример. Пусть $\boldsymbol{З}$ – множество зрителей в фойе театра перед спектаклем, а $\boldsymbol{К}$ – множество кресел. Как узнать, что зрителей и кресел поровну? Конечно, можно подсчитать, но мы получим избыточную информацию, нас не интересует их количество. Однако если во время спектакля все места заняты, причем никто из зрителей не стоит в проходах и на каждом месте сидит только один театрал, то это означает, что эти множества равны, в противном случае – наоборот.

Рассмотрим другой пример. Пусть в классе находится множество учеников и множество стульев. Предположим, что после звонка на урок каждый ученик занял свое место, то есть свой стул. В этом случае можно сказать, что задано отображение множества учеников на множество стульев. При этом если на каждом стуле сидит только один ученик, никто не стоит в проходах и все места заняты (например, имеем в классе 30 учеников и 30 стульев), то есть каждому ученику соответствует один единственный стул, и, наоборот, каждому стулу соответствует единственный ученик. Такое отображение называют ***взаимно однозначным*** (иногда говорят: «взаимно однозначное соответствие»).

Отображение называется ***взаимно однозначным***, если каждому элементу $\boldsymbol{y_i \in Y}$ соответствует единственный прообраз $\boldsymbol{x_i \in X}$ (и наоборот), то есть прямое соответствие $\boldsymbol{y = f(x)}$ и обратное соответствие $\boldsymbol{x = f^{-1}(y)}$ являются однозначными. Такое отображение называется ***биективным***, или ***биекцией***.

Взаимно однозначное соответствие между элементами множеств (или между множествами) может быть установлено различными способами. На рис. 4 такое соответствие между точками двух отрезков (или между отрезками) $\boldsymbol{AB}$ и $\boldsymbol{CD}$ установлено прямыми, проходящими через точку $\boldsymbol{S}$. При этом точке $\boldsymbol{X \in AB}$ соответствует точка $\boldsymbol{Y \in CD}$, что символически записывается так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$. Между этими отрезками можно установить соответствие так: $\boldsymbol{X \leftrightarrow Y}$, если $\boldsymbol{\frac{CY}{AX} = \frac{CD}{AB}}$, где $\boldsymbol{CY}$, $\boldsymbol{CD}$, $\boldsymbol{AB}$, $\boldsymbol{AX}$ – длины отрезков.

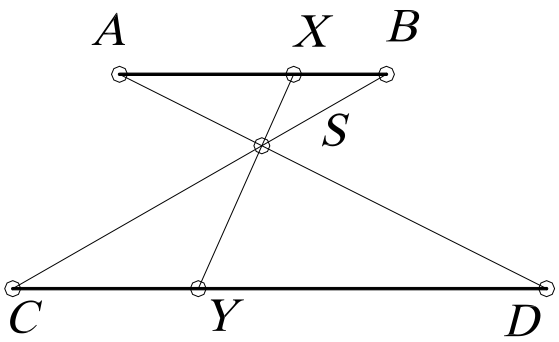


Рис. 4.

Второе соответствие отличается от первого не только формой задания, но и парами соответствующих точек. Это можно заметить хотя бы по концам отрезка. В первом соот-

ветствии $A \leftrightarrow D$, $B \leftrightarrow C$, во втором – $A \leftrightarrow C$, $B \leftrightarrow D$. Этими двумя примерами не исчерпывается множество взаимно однозначных соответствий, которые могут быть установлены для точек данных отрезков.

Кроме этого, встречаются многозначные соответствия. Например, легковой машине соответствует 4 колеса, и наоборот. Такое отображение называется одно-четырёхзначное ($1 \leftrightarrow 4$). Одно-двузначное отображение можно рассмотреть на примере действительных чисел, то есть каждому действительному числу соответствует пара рационального и иррационального чисел, и наоборот: $1 \leftrightarrow 2$.

Примером обратимого соответствия является отображение двух плоскостей друг на друга при параллельном проецировании (рис. 5). Если в обратимом отображении область прибытия и область отправления – одно и то же множество ***M***, то такое отображение называется отображением множества на себя, или ***преобразованием множества M.***

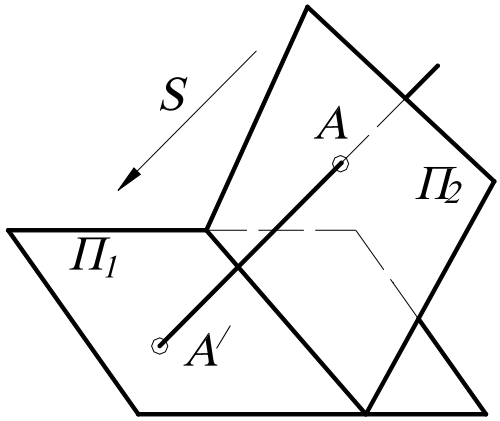


Рис. 5.

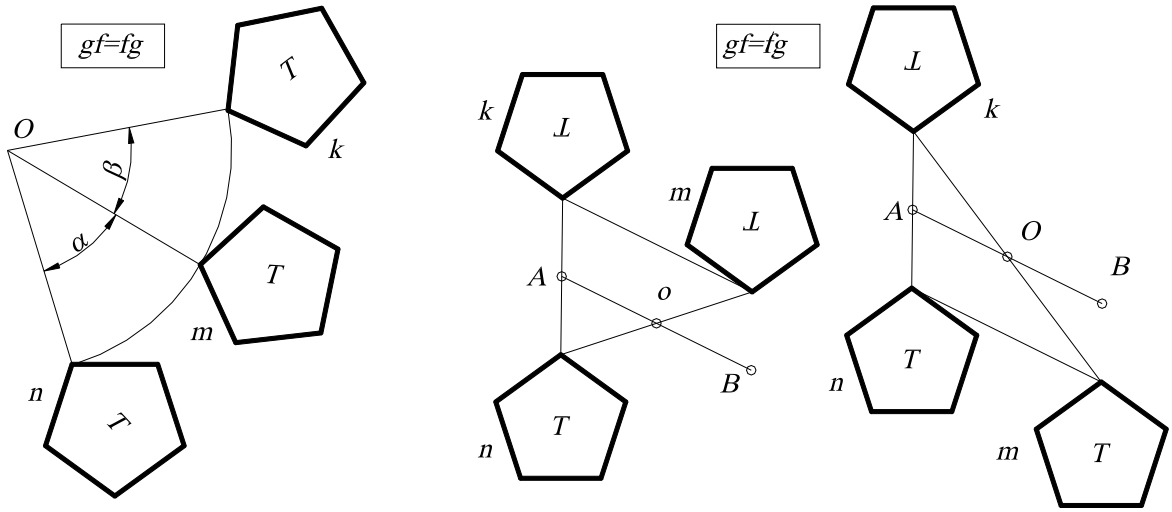
Отображение называется ***преобразованием***, если множества ***X*** и ***Y*** совмещены, то есть не только элементу x_i соответствует определённый элемент y_i, но и элементу y_i соответствует тот же элемент x_i. В этом случае говорят, что множество ***X*** отображается на себя ***{X=Y}***. Другими словами, если отображение является обратимым, то оно называется преобразованием. Например, центральная симметрия точек пространства относительно некоторой точки ***O*** есть преобразование пространства.

Говоря о геометрическом ***преобразовании***, обычно подразумевают, что ***M*** – множество точек плоскости или пространства. Если какое-то свойство фигуры ***F*** сохраняется в преобразовании ***f***, то есть фигура $F' = f(F)$ обладает тем же свойством, то это свойство называется ***инвариантом*** преобразования.

Итак, ***преобразование*** – это взаимно однозначное отображение между всеми точками плоскости (или пространства), то есть правило, при котором каждой точке ***P*** соответствует единственная точка P', и, наоборот, каждой точке P' соответствует единственная точка ***P***. Другими словами, правило, таким образом составляющее пары точек, что каждая точка ***P*** плоскости (или пространства) ровно в одной паре стоит на первом месте и ровно в одной паре - на втором.

Может случиться, что обе точки пары окажутся одинаковыми. То есть что точка P' совпадает с точкой ***P***. В этом случае точка ***P*** называется неподвижной (двойной) точкой преобразования.

Результат последовательного выполнения нескольких преобразований называется их ***произведением***, или ***композицией преобразований.*** Другими словами, преобразование, переводящее прообразы первого в образы второго при условии, что образы первого отождествлены с прообразами второго. Иначе говоря, если $f(k) = m$ и $g(m)=n$, то произведение $h=gf$ переводит ***k*** в ***n***, то есть $h(k)=n$ (преобразование, выполняемое первым, пишут ***справа!***). Например, если ***f*** и ***g*** – повороты вокруг центра ***O*** на углы α и β, то $h=gf$ – поворот с той же осью на угол $\alpha+\beta$ (рис. 6, *а*). Если ***f*** – перенос на вектор ***AB***, а ***g*** – симметрия с центром ***O***, то $h=fg$ – симметрия с центром ***A***, где $2AO=AB$ (такое преобразование показано на рис. 6, *б*).
Здесь в первом примере произведение $h=gf=fg$, то есть не зависит от порядка сомножителей, то есть в этом случае говорят, что ***f*** и ***g перестановочны*** или ***коммутируют***. Однако во втором примере произведение зависит от порядка сомножителей, то есть не коммутирует: $fg \neq gf$ (сравните два рисунка – 6, *а* и 6, *в* или 6, *а* и 6, *б*).



а *б* *в*

Рис. 6.

Аналогично иногда результат двух операций зависит от порядка их выполнения, а иногда – и нет. Например, операции надевания левого и правого ботинок ***Л*** и ***П*** перестановочны: ***ЛП=ПЛ***, а операции надевания ботинка ***Б*** и носка ***Н*** – не коммутируют ***БН≠НБ.***

1.3. ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧАМ НА ПОСТРОЕНИЕ

Любую задачу на построение можно сформулировать в общем виде так: «Построить объекты a_1, a_2 …, являющиеся элементами множества M и удовлетворяющие условиям *1*, *2* **…**». Число объектов и условий зависит от конкретного содержания задачи.

Элементы множества M, удовлетворяющие условию *1*, образуют некоторое подмножество $M_1 \subset M$, условие *2* выделяет из M подмножество M_2 и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения подмножеств M_1, M_2, **…**, т. е. $\{a_1, a_2, \ldots\}=M_1 \cap M_2 \cap \ldots$.

Задача 1. Построить на плоскости точки a_1, a_2, удаленные от данной точки O_1 на расстояние r_1 и от точки O_2 на расстояние r_2 (рис. 7).

Подмножество M_1, выделяемое из плоскости M (здесь плоскость – это множество M) согласно первому условию, – это окружность с центром O_1 и радиусом R_1. Аналогично, M_2 – это окружность с центром O_2 и радиусом R_2. Тогда получают искомые точки: $\{a_1, a_2\}=M_1 \cap M_2$.

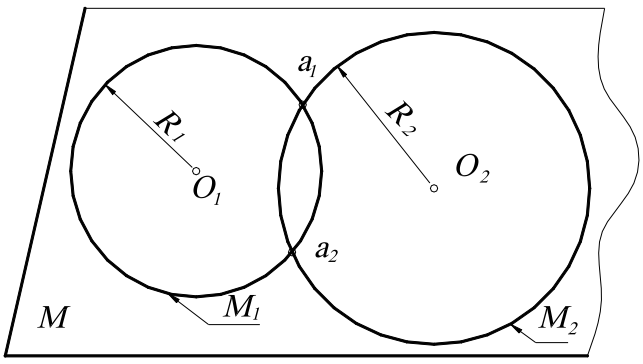
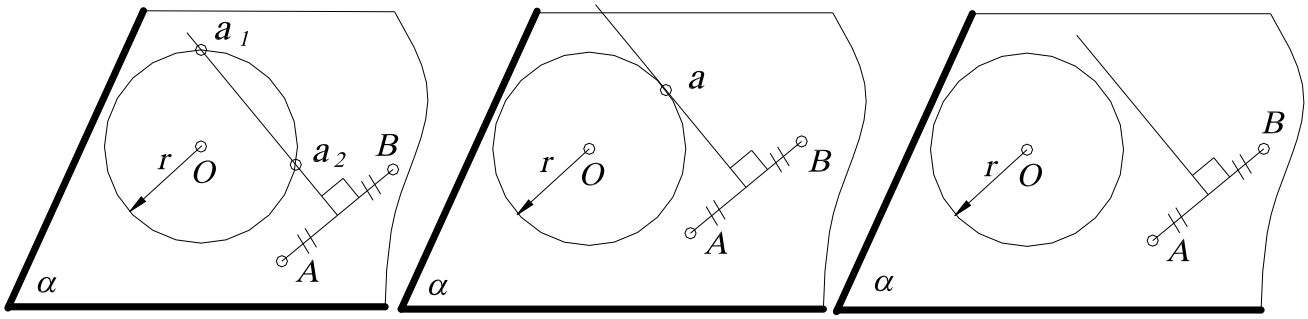


Рис. 7.

Задача 2. Найти на плоскости точку a, удаленную на расстояние r от точки O и равноудаленную от точек A и B.

Подмножество M_1, выделяемое первым условием из плоскости M, - окружность с центром O и радиусом r. Подмножество M_2, удовлетворяющее второму условию, – перпендикуляр, восстановленный к середине отрезка AB. Искомая точка a есть пересечение окружности с перпен-

дикуляром, то есть $a=M_1 \cap M_2$. В данном случае может получиться две, одна или ни одной точки (мнимые) пересечения $M_1 \cap M_2=\varnothing$ (рис. 8, *а*, *б*, *в*).



а *б* *в*

Рис. 8.

Такой метод называется ***расчленением условий***, то есть элементы из ***M***, удовлетворяющие первому условию, образуют некоторое подмножество; взятое отдельно второе условие выделяет из множества ***M*** другое подмножество и т. д. Искомые объекты получаются как результат пересечения этих подмножеств.

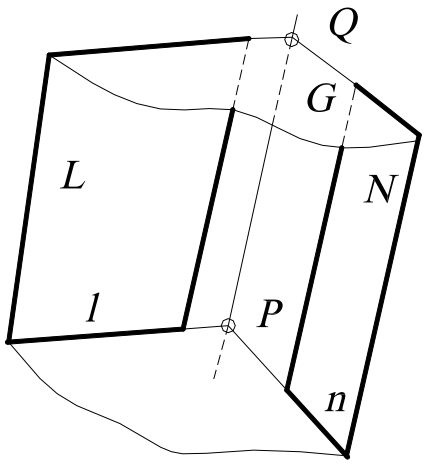


Рис. 9.

Задача 3. Найти прямую пересечения двух плоскостей ***L*** и ***N*** (рассматривают ***L*** и ***N*** как подмножества пространства, элементом которых является точка). Задают вспомогательную плоскость-посредник ***M*** и находят пересечение этих подмножеств $L \cap N \cap M$ (рис. 9). Пользуясь свойством идемпотентности, преобразуют: $L \cap N \cap M = L \cap N \cap (M \cap M)$, и далее, пользуясь свойствами коммутативности и ассоциативности, преобразуют: $L \cap N \cap (M \cap M)=(L \cap M) \cap (M \cap N)$. Другими словами, введя плоскость-посредник, находят вначале пересечение посредника с заданными плоскостями (прямые ***l***, ***n***), а затем пересечение этих пересечений (точка ***P***).

Взяв другую вспомогательную плоскость ***G*** и повторив те же самые операции, находят вторую точку ***Q***. Соединив точки ***P*** и ***Q***, получают искомую прямую ***m***. Этот прием применяют в начертательной геометрии при построении точек линии пересечения поверхностей, введя предварительно поверхность-посредник.

1.4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

Термин «пространство» часто встречается в геометрии. Существуют аффинное пространство, евклидово, проективное, топологическое, эллиптическое и другие. Любое пространство представляет собой множество, удовлетворяющее определенной системе аксиом.

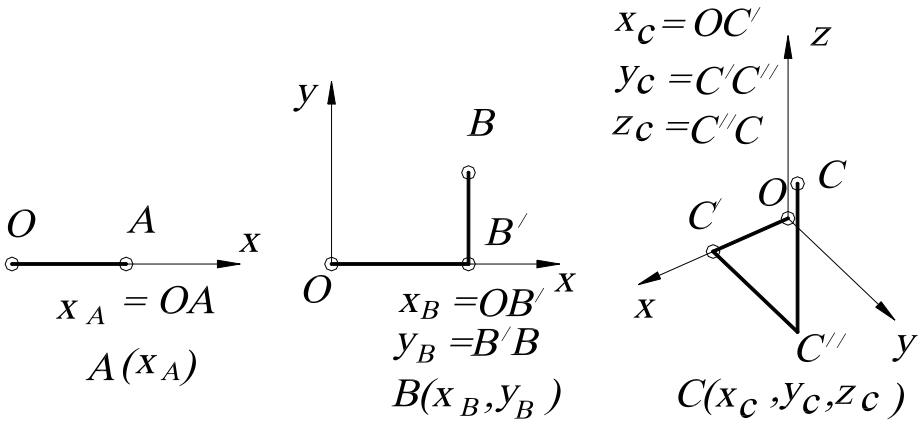
В данном курсе будем рассматривать евклидово пространство, то есть множество точек, удовлетворяющее аксиомам евклидовой геометрии, которая изучалась в средней школе. Необходимо отметить, что евклидово пространство не одно. Множества точек различной мощности будут давать отличающиеся друг от друга евклидовы пространства. Точка, прямая, плоскость, физическое пространство – это примеры евклидовых пространств различной мощности.

Интуитивно мы понимаем, что на плоскости точек больше, чем на прямой, так как прямая может быть совмещена с некоторой прямой на плоскости. На поверхности точек меньше, чем в пространстве, то есть поверхность - подмножество пространства, поэтому поверхность содержит «меньше» точек, чем пространство.

Таким образом, среди бесконечных множеств существует своя иерархия. Можно сказать, что если множество ***M*** можно взаимно однозначно и взаимно непрерывно отобразить на множество ***N***, то ***M*** и ***N*** имеют одинаковую размерность. Если же такого отображения не существует, но существует взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение множества ***M*** на подмножество $N_1 \in N$, то ***M*** имеет размерность меньше, чем ***N***.

При моделировании необходимо иметь возможность оценить мощность бесконечного множества. Для этого вводится понятие параметра. ***Параметром называется величина, входящая в некоторую совокупность величин, задание которых определяет элемент множества.*** При этом параметры должны быть независимыми, то есть значения, которые принимает один из параметров, не влияют на значения других, при любом изменении параметров им должен соответствовать уже другой элемент множества. Иными словами, между элементами множества и совокупностями (наборами) параметров установлено взаимно однозначное соответствие.

Число параметров ***p***, которое необходимо задать, чтобы определить элемент множества, называется ***параметрическим числом*** этого множества, а само множество – ***p-параметрическим.*** Параметрическое число может быть взято в качестве количественной характеристики бесконечных множеств. В качестве параметров для евклидовых пространств могут быть взяты координаты точки в декартовой системе координат (декартовы координаты).



а *б* *с*

Рис. 10

На прямой для того, чтобы определить (задать) точку, необходима одна координата (говорят, что точка на прямой имеет одну степень свободы) (рис. 10, *а*), на плоскости – две координаты (то есть точка имеет две степени свободы) (рис. 10, *б*), в пространстве – три, и точка имеет три степени свободы (рис. 10, *в*). Нетрудно заметить, что координаты являются независимыми, то есть при изменении координаты, например ***x***, изменяется положение точки на плоскости.

Число параметров (координат), которое необходимо задать, чтобы определить точку в пространстве, называется ***размерностью*** пространства. Таким образом, ***размерность*** – это параметрическое число множества, которое является пространством. В связи с этим будем считать, что точка – «нульмерное» пространство (аксиома). Линия (прямая) – одномерное евклидово пространство, которое обычно обозначается E_1, или одномерное множество точек - ∞^1. Поверхность (плоскость) – двумерное евклидово пространство, обозначается E_2, или

двумерное множество точек - ∞^2, а трехмерное евклидово пространство имеет размерность, равную ***3***, – трехмерное множество точек - ∞^3, обозначается E_3. Употребляется также запись ***dim M=n***, означающая «размерность множества ***M*** равна ***n***» (***dimension*** (англ.) – размерность).

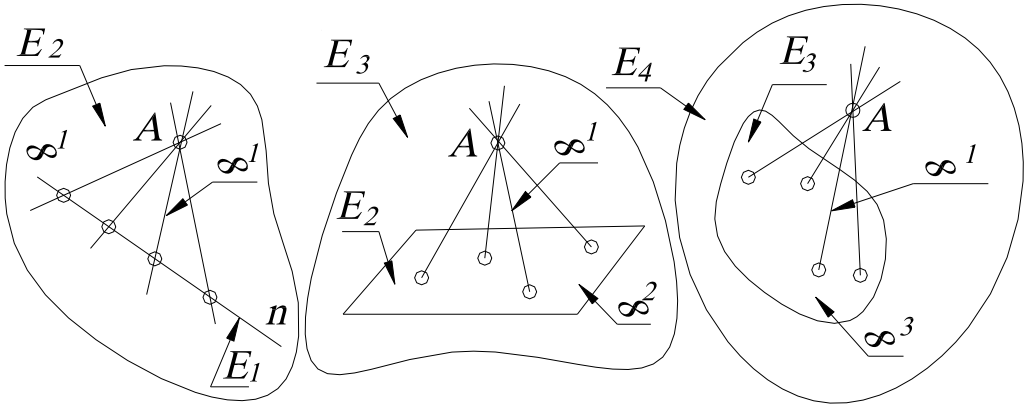
Пусть ***N*** – двупараметрическое множество. Каждый элемент из ***N*** определяется конкретной парой чисел из множества (a_1, a_2). Между ***N*** и E_2 можно установить взаимно однозначное соответствие, так как они одной мощности (параметрическое число ***N*** и размерность E_2 равны). Соответствие можно установить, например, так: $x=a_1$, $y=a_2$. Каждому элементу из ***N*** будет соответствовать точка из E_2. Пространство E_2 будет являться геометрической моделью ***N***.

Итак, множество имеет размерность ***n***, если его элементам можно взаимно однозначно поставить ***n***-ки («***энки***») чисел $a_1, a_2, a_3 \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества. Эти числа называют параметрами конкретного множества.

Таким образом, за ***эталон n-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит n-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть n-я декартова степень множества вещественных чисел***.

1.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА

ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_2 возьмем точку, не принадлежащую прямой ***n*** (или пространство E_1), и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми пучка и точками прямой. Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) будет определять двумерное пространство E_2 (рис. 11, *а*). Если не учитывать несобственные точки, то пришлось бы «выбросить» из E_2 прямую, параллельную прямой ***n***.



E_2: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$; E_3: $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$; E_4: $\infty^1 \cdot \infty^3 = \infty^{1+3} = \infty^4$

а *б* *в*

Рис. 11.

ТРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Для геометрического построения пространства E_3 возьмем точку, не принадлежащую пространству E_2 (то есть плоскости) и также установим взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками ***2***-пространства (рис.11, *б*). Объединение точек всех этих прямых (вместе с их несобственными точками) есть трехмерное пространство E_3. Пространство E_2 (как и в первом случае пространство E_1) является проективным пространством, то есть пространство, дополненное несобственными элементами. В противном случае из связки нам пришлось бы «выбросить» пучок прямых, параллельных E_2, а из E_3 – плоскость этого пучка.

ЧЕТЫРЁХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Начнем с аналогичного построения четырехмерного пространства E_4. Возьмем точку, не принадлежащую трехмерному евклидову пространству E_3, дополненному несобственными элементами, и установим взаимно однозначное соответствие между прямыми гиперсвязки и точками ***3***-пространства (рис.11, *в*). Объединение точек всех этих прямых будет определять пространство E_4. Аналогично строится многомерное пространство.

Таким образом, мы пришли к идее многомерного пространства. Понятие многомерного пространства или многомерного множества довольно абстрактное, но и в евклидовом пространстве на каждом шагу встречаются такие множества. Например, прямая – одномерное множество точек (самое простое множество), множество сфер и множество прямых трёхмерного пространства – четырехмерны, множество конусов вращения – шестимерно; цилиндров вращения – пятимерно; множество сфер, касающихся данной плоскости, - трёхпараметрическое множество.

Рассмотрим подробнее примеры и приемы подсчета параметров.

1.6. ПРИЁМЫ ПОДСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

1. Эталон *n*-мерного множества. За эталон ***n***-мерного множества принимают множество R_n, элементом которого служит ***n***-ка вещественных чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, то есть ***n***-я декартова степень множества вещественных чисел.

2. Взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение данного множества на эталон. Например, устанавливая взаимно однозначное соответствие между прямыми связки и точками плоскости или устанавливая взаимно однозначное соответствие между пучком плоскостей и точками прямой.

Два важных замечания

Замечание 1. Для бесконечных множеств имеют место два факта, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, поскольку они не имеют места для конечных множеств.

Некоторые собственные подмножества бесконечного множества можно взаимно однозначно отобразить на это множество.

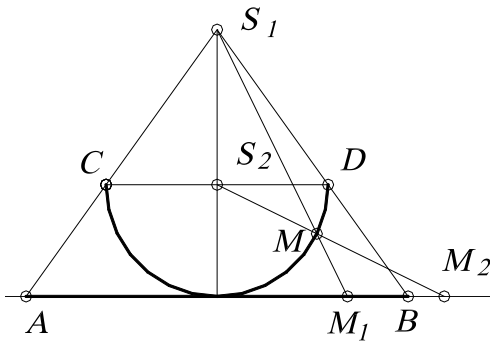


Рис. 12.

Для примера рассмотрим отображение открытого отрезка ***AB*** (открытый отрезок – «отрезок без концов», координаты которого удовлетворяют неравенству $x_A < x_i < x_B$) на прямую, которая совпадает с прямой ***AB*** (рис.12). Полуокружность ***CD*** касается в точке середины отрезка ***AB***. Вначале отображают точки отрезка ***AB*** на эту полуокружность из точки S_1, то есть точке M_1 соответствует точка ***M***).

Затем точки полуокружности (см. точку ***M***) отображают на прямую (точке ***M*** соответствует точка M_2) из центра S_2. Ясно, что при этом каждой точке прямой соответствует одна и только одна точка прямой, причём ни одна точка на прямой не пропущена. Это отображение является взаимно однозначным, то есть отрезку прямой соответствует вся прямая.

Полученное соответствие можно установить и по-другому, с помощью кривой тангенсоиды, графика функции $y = tg\ x$. Отображают вначале (с помощью пучка параллельных прямых) открытый отрезок $(-\pi/2, \pi/2)$ на тангенсоиду, причём каждой точке открытого отрезка соответствует единственная точка тангенсоиды, а затем точки тангенсоиды на ось ***y*** (рис. 13).

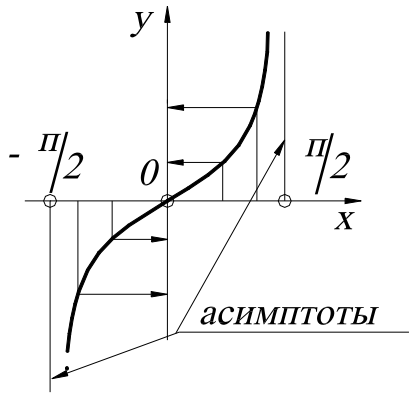


Рис. 13.

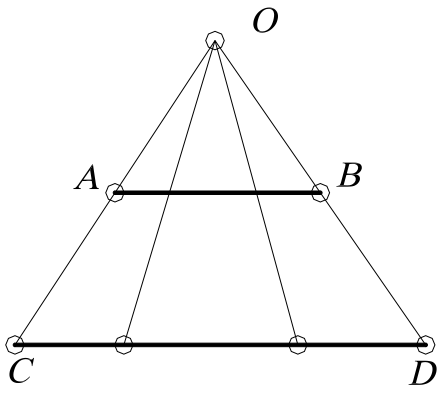


Рис. 14.

<u>Замечание 2.</u> Размерность суммы (объединения) нескольких бесконечных множеств принимают равной максимальной из размерностей слагаемых.

Другими словами, размерность множества не увеличится, если к нему добавить множество меньшей или равной размерности. Например, если объединить множество точек прямой и множество точек плоскости (то есть вложить прямую в эту плоскость), то размерность множества точек на плоскости не увеличится.

Рассмотрим еще примеры сравнения бесконечных множеств. Ответ на вопрос: где больше точек, на отрезке длиной 1 мм или на отрезке 1 м вряд ли бы вызвал тень сомнения – ясно, что отрезок 1 мм в 1000 раз короче метра. Однако можно установить взаимно однозначное соответствие и проверить это. Как это сделать, лучше всего видно на рис. 14.

Отобразим отрезок ***AB*** на отрезок ***CD*** из точки ***O*** пучком прямых. Каждой точке отрезка ***AB*** соответствует единственная точка отрезка ***CD***. Трудно примириться с мыслью, что дорога в миллион световых лет имеет столько же точек, сколько радиус атомного ядра!

<u>3. Степени свободы подпространств.</u> Если две точки пространства E_m принадлежат E_n, то E_m называется подпространством E_n. Например, ***m=1***, ***n=2*** – прямая принадлежит плоскости, тогда прямая является подпространством плоскости, очевидно, что $m<n$. В многомерной геометрии наиболее распространена следующая терминология: E_n – объемлющее ***n***-мерное пространство, E_m – ***m***-мерная плоскость или ***m***-плоскость, если размерность подпространства меньше объемлющего пространства на единицу, то такое многообразие называется ***(n-1)***-плоскость, или ***гиперплоскость***.

Из аксиом принадлежности следует, что прямая (***1***-плоскость) определяется двумя точками, ***2***-плоскость – тремя неколлинейными точками, ***3***-плоскость – четырьмя некомпланарными точками, …, ***n***-плоскость – ***(n+1)***-точками. При этом каждая плоскость (где $m<n$) определяется заданием ***(m+1)***-точек, и эти точки не должны содержаться в ***(m-1)***-пространстве.

Рассмотрим множество ***m***-плоскостей E_n (где ***n*** – размерность пространства), элементом этого множества является ***m***-плоскость. Начнем с простого примера – прямой, находящейся в двумерном пространстве.

<u>ДВУМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО.</u> Точка (***0***-плоскость) в двумерном пространстве определяется двумя координатами, то есть параметрическое число равно двум - ∞^2.

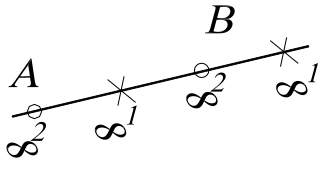


Рис. 15.

Прямая (***1***-плоскость) однозначно задается двумя независимыми точками ***A*** и ***B*** (то есть ***m+1=1+1=2***), каждая из которых в двумерном пространстве имеет по две степени свободы. Поэтому на задание каждой из них затрачиваем по два параметра, а на пары (или ***m+1***-точек) точек – следующее число параметров: ***n(m+1)=2(1+2)=4*** (рис.15). Другими словами, го-

ворят, что система из ***(m+1)***- точки составляет ***n(m+1)***-параметрическое множество.

Но прямая ***AB*** определяется не только парой точек ***A*** и ***B***, но и любой другой своей парой, принадлежащей прямой ***AB***. Каждая из этих двух точек ***(m+1***-точек), находясь на прямой (в общем случае в ***m***-плоскости), имеет по одной степени свободы (в общем случае – ***m*** степеней свободы), а вместе – ***m(m+1)=1(1+1)=2*** степеней свободы.

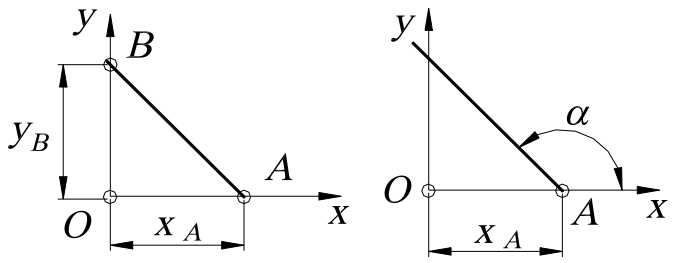
Следовательно, число условий, требуемых для определения прямой (***m***-плоскости), принадлежащей 2-пространству (*n*-плоскости):

$$\frac{\infty^{2}\cdot\infty^{2}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{2+2}}{\infty^{1+1}}=\infty^{4-2}=\infty^{2};$$

в общем случае $\dfrac{\infty^{n(m+1)}}{\infty^{m(m+1)}}=\infty^{(n-m)(m+1)}$.

Таким образом, число ***P*** степеней свободы (параметрическое число) ***m***-плоскости в ***n***-пространстве:

$$P=(n-m)(m+1). \qquad (1)$$

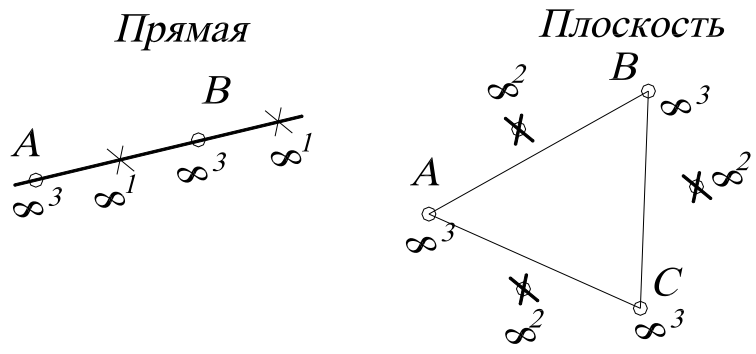


а *б*

Рис. 16.

Геометрический смысл параметров может быть различным. Например, для двупараметрического множества прямых на плоскости это могут быть x_A, y_B (рис. 16, *а*) или x_A, α (рис. 16, *б*).

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО. Точка (***0***-плоскость) в трехмерном пространстве имеет три степени свободы - ∞^{3}. ***Прямая*** однозначно задается двумя независимыми точками (рис. 17, *а*), каждая из которых в ***3***-пространстве имеет по три степени свободы, а значит, пар точек $\infty^{3}\cdot\infty^{3}=\infty^{6}$. Но эта прямая определяется не только этой парой точек, но и любой другой своей парой, имеющей на этой прямой по одной степени свободы, то есть $\infty^{1}\cdot\infty^{1}=\infty^{2}$. Следовательно, число степеней свободы прямой в ***3***-пространстве $\infty^{6}:\infty^{2}=\infty^{4}$, что соответствует формуле ***P=(n-m)(m+1)=(3-1)(1+1)=4.***



$$\frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{1}\cdot\infty^{1}}=\frac{\infty^{3+3}}{\infty^{1+1}}=\infty^{6-2}=\infty^{4} \qquad \frac{\infty^{3}\cdot\infty^{3}\cdot\infty^{3}}{\infty^{2}\cdot\infty^{2}\cdot\infty^{2}}=\frac{\infty^{3+3+3}}{\infty^{2+2+2}}=\infty^{9-6}=\infty^{3}$$

а *б*

Рис. 17.

Плоскость однозначно задается тремя точками, каждая из которых имеет по три степени свободы, а значит, троек точек: $\infty^3 \cdot \infty^3 \cdot \infty^3 = \infty^9$ (рис.17, *б*). Но плоскость определяется не только этой тройкой, но и любой другой своей тройкой точек, имеющих в этой плоскости по две степени свободы, то есть $\infty^2 \cdot \infty^2 \cdot \infty^2 = \infty^6$. Тогда параметрическое число плоскости, находящейся в ***3***-пространстве, будет составлять трехпараметрическое множество, то есть $\infty^9 : \infty^6 = \infty^{9-6} = \infty^3$, что соответствует формуле ***P=(3-2)(2+1)=3***.

Вообще это число ***(n-m)(m+1)*** стоит на месте ***(к+1)*** меньше в ***n***-й строке «подвешенной за угол» таблице умножения, такая таблица называется «Треугольник Паскаля» (рис. 18).

```
          1
        2   2
      3   4   3
    4   6   6   4
  5   8   9   8   5
6  10  12  12  10  6
.....................
```

Рис. 18.

Примеры различных геометрических многообразий

1. Сфер в пространстве E_3 - ∞^4, так как сфере соответствует четыре числа – три координаты ее центра и одно – длина её радиуса.

2. Цилиндр вращения в пространстве E_3 определяется пятью параметрами ∞^5 - четыре параметра на ось и один на радиус.

3. Треугольников в пространстве E_3 – ∞^9, поскольку треугольник однозначно определен, если заданы три его вершины тройкой координат ***3·3=9***. Аналогично, тетраэдров в ***3***-пространстве - ∞^{12}.

4. Сфер в трёхмерном пространстве, проходящих через данную точку, - ∞^3, то есть центров, лежащих на прямой, составляет - ∞^1, а таких прямых – связка ∞^2.

5. Сфер, касающихся плоскости - ∞^3.

6. Окружностей на плоскости - ∞^3.

7. Множество касательных плоскостей к поверхности - ∞^2 (за исключением развертывающихся ∞^1).

8. Окружностей в ***3***-пространстве - ∞^4.

4. Связывание параметров. Если на элементы ***n***-мерного многообразия ***M*** (например, ***M***-связка прямых) наложено определенное условие (например, прямые связки ***M*** должны пересекать произвольную прямую), причем элементы из ***M***, которые удовлетворяют этому условию, образуют n_1-мерное подмножество $M_1 \subset M$ (пучок прямых, определяемых центром связки и произвольной прямой, не проходящей через центр), то это условие (требование, ограничение) равносильно фиксированию $n-n_1$ параметров, то есть приданию этим параметрам определенных числовых значений. Это означает, что, фиксируя $n-n_1$ параметров, мы выделяем из ***M*** подмножество той же размерности n_1. В этом случае говорят не о фиксации, а о связывании параметров, употребляя выражения: «***условие связывает $n-n_1$ параметров***», «***ограничение поглощает $n-n_1$ параметров***», «***требование накладывает на параметры $n-n_1$ связей (понижает размерность многообразия на $n-n_1$)***».

Аналитически такое задание эквивалентно тому, что ***n***-ки параметров, соответствующие элементам из ***M***, удовлетворяют $n-n_1$ уравнениям. Аналогично, фиксируя две (три) координаты или связывая координаты двумя (тремя) параметрами (уравнениями), мы выделяем из трехмерного пространства его одномерное (нульмерное) подмножество.

Пусть ***m***-плоскость (***m***-плоскость определяется ***(m+1)*** фиксированной точкой) проходит через пространство ***r***, которое задается ***(r+1)*** фиксированной точкой. Тогда для полного

определения необходимо дозадать еще $(m+1)-(r+1)=m-r$ точек. Поэтому ***число P степеней свободы m-плоскости, принадлежащей n-мерному пространству и проходящей через r-плоскость:***

$$P=(n-m)(m-r). \quad (2)$$

ПРИМЕР 1. Множество прямых $(m=1)$ плоскости $(n=2)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет пучок, то есть однопараметрическое множество: $P=(n-m)(m-r)=(2-1)(1-0)=1$.

ПРИМЕР 2. Множество прямых $(m=1)$ пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-1)(1-0)=2$.

ПРИМЕР 3. Множество плоскостей $(m=2)$ трехмерного пространства $(n=3)$, проходящих через точку $(r=0)$, составляет связку: $P=(3-2)(2-0)=2$.

ПРИМЕР 4. Множество прямых пространства $(n=3)$, пересекающих прямую, рассчитывается следующим образом. Вначале считают, сколько прямых проходит через точку, – связка $P_1=2$ (см. пример 3), затем считают, сколько связок $(m=2)$ в трехмерном пространстве на прямой $P_1=(3-2)(2-1)=1$. Следовательно, прямые, пересекающие заданную прямую, составляют комплекс $P=P_1+P_2=1+2=3$.

В пространстве E_n m-пространство имеет $(n-m)(m+1)$ степеней свободы, но если оно проходит через r-пространство, то оно имеет $(n-m)(m-r)$ степеней свободы. Следовательно, число условий, необходимых для того, чтобы m-пространство в E_n проходило через данное r-пространство (где $n>m>r$):

$$D=(n-m)(m+1)-(n-m)(m-r)=(n-m)(r+1). \quad (3)$$

ПРИМЕР 5. В трехмерном пространстве $(n=3)$ число условий, необходимых для прохождения прямой линии $(m=1)$ через данную точку $(r=0)$: $D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2$. Другими словами, множество прямых трехмерного пространства четырехпараметрично $(P_1=(3-1)(1+1)=4)$, а в связке (множество прямых, проходящих через точку) – двупараметрично $(P_2=(3-1)(1-0)=2)$. Поэтому число условий D, которые требуется наложить на прямые, чтобы они принадлежали данной связке, равно разности P_1-P_2, то есть $D=4-2=2$.

Если r-пространство не фиксировано и имеет степени свободы в q-пространстве, равное $(r+1)(q-r)$, следовательно, число условий, которое необходимо наложить, чтобы m-пространство и q-пространство в пространстве E_n пересекались по r-пространству:

$$(n-m)(r+1)-(r+1)(q-r)=(r+1)(n-m-q+r), \quad (4)$$

где $m+q \le n+r$, если $m+q>n+r$, то они пересекаются по пространству размерности $m+q-n$, что больше, чем r.

ПРИМЕР 6. Применение формулы (4) покажем на примере определения количества направляющих линейчатой поверхности (в качестве направляющих для простоты возьмем прямые). Требование пересечения образующей линии $(m=1)$ с одной направляющей прямой $(q=1)$ в точке $(r=0)$ равносильно числу условий, накладываемых на образующую и вычисляемых так: $D=(3-1-1+0)(0+1)=1$. Поэтому для выделения из четырехпараметрического множества прямых трёхмерного пространства линейчатой поверхности (однопараметрического множества прямых) необходимо задать три направляющие ($n-n_1=4-1=3$).

ПРИМЕР 7. Коническая поверхность определяется вершиной одной направляющей. Как было показано (пример 6), пересечение образующей с направляющей линией в точке равносильно наложению на образующую одного условия. Прохождение образующей через вершину равносильно наложению двух условий и подсчитывается по формуле (3): $(3-1)(0+1)=2$. В сумме эти требования накладывают на прямую три условия и выделяют из четырехпараметрического множества прямых пространства коническую поверхность.

5. Размерность пересечения. Пусть M – n-мерное множество, M_1 и M_2 – его подмножества размерности m_1, m_2, выделенные условиями, связывающими соответственно $(n-m_1)$ и $(n-m_2)$ параметров.

Оба эти условия вместе связывают: $(n-m_1)+(n-m_2)=2n-m_1-m_2$ параметров. Поэтому размерность пересечения множеств M_1 и M_2, элементы которых удовлетворяют обоим условиям: $n-(2n-m_1-m_2)=m_1+m_2-n$.

$$n\cap = m_1 + m_2 - n, \qquad (5)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности операционного пространства***.

Если пересекаются ***i*** пространств, то применяется следующая формула:

$$n_{\cap} = m_1 + m_2 + ... + m_i - n(i-1);$$

$$n_{\cap} = \sum_{i=1}^{n} m_i - n(i-1), \qquad (6)$$

то есть ***размерность пространства пересечения равна сумме размерностей пересекающихся пространств без размерности пространства пересечения, взятой i -1 раз, где i – число пересекающихся пространств.***

Условия применения при использовании этой формулы:

1. Если оказалось, что размерность меньше нуля, это означает, что заданные множества не пересекаются.

2. Следует иметь в виду, что формула справедлива лишь для подмножеств M_1 и M_2 общего положения. Например, если M_1 и M_2 – прямые, а n – трехмерное пространство, то $n_1=n_2=1$, $n=3$, а $r= -1$, то есть M_1 и M_2 не пересекаются, хотя в частном случае две прямые могут иметь общую точку и даже совпадать (если прямые принадлежат одной плоскости).

3. В случае $r=0$ (нульмерным называется множество, состоящее из конечного числа элементов), поэтому, получив такой результат, не следует думать, что множество пересечений состоит из одного элемента; это возможно, но возможно также, что оно состоит из двух, трех и любого конечного числа элементов.

6. Расслоение множества на классы эквивалентности.

Итак, для множества M, имеющего размерность n: каждому элементу a, принадлежащему M $(a \in M)$, соответствует n-ка параметров $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Зафиксируем какой-либо параметр, например $a_n=0$. Тогда подмножество $M_1 \subset M$ (для элементов, где $a_n=0$). Следовательно, размерность множества M_1 равна $(n-1)$, то есть элемент из множества M_1 определяется набором $(n-1)$ параметров, «чисел».

Поскольку имеется бесчисленное однопараметрическое множество способов, которыми можно зафиксировать параметр a_n, то, следовательно, множество M расчленяется на однопараметрическое множество $(n-1)$-мерных подмножеств, каждое из которых соответствует одному из этих однопараметрических значений параметра a_n, причем никакие два из этих подмножеств не пересекаются, и объединение всех этих подмножеств есть множество M.

Такие подмножества называются ***классами эквивалентности***, означающими, что элементам a и b, принадлежащим множеству M, отнесены n-ки чисел $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $(b_1, b_2, \ldots, b_n)$, в которых $a_n=b_n$. Для фиксированной координаты u_1 в вышеприведенном примере такими классами эквивалентности являются непересекающиеся 2-поверхности.

Если фиксируются два параметра, то из множества M выделяется $(n-2)$-мерное подмножество. Выполняя перебор всех двухпараметрических способов фиксации этих двух параметров, мы получаем двупараметрическое семейство прямых, параллельных оси y.

В общем случае, фиксируя ∞^n раз m каких-то параметров, мы расслаиваем n-мерное множество M на ∞^m классов по ∞^{n-m} элементов в каждом.

Таким образом, если множество M разбить на ∞^m взаимно непересекающихся и заполняющих все множества M_1 подмножеств по ∞^n элементов в каждом, то M содержит:

$$\infty^m \cdot \infty^n = \infty^{m+n}. \qquad (7)$$

ПРИМЕР. Множество плоскостей пространства расслаивается на ∞^2 пучков параллельных плоскостей по ∞^1 плоскостей в пучке, то есть содержит $\infty^1 \cdot \infty^2 = \infty^{1+2} = \infty^3$.

7. Использование уравнений. Далее рассмотрим, как осуществляется подсчет параметрического числа поверхности, если последняя задана в аналитической форме. Для простоты начнем исследование с ***2***-поверхностей пространства E_3.

Рассматривая уравнение типа $Ax+By+Cz+D=0$, можно подсчитать размерность многообразия, а именно множество плоскостей пространства. Если мы придадим коэффициентам A, B, C, D определенные числовые значения A_0, B_0, C_0, D_0, то мы получим некоторую определенную плоскость $\alpha \in M$. Таким образом, имеется соответствие: «четверка чисел» (A_0, B_0, C_0, D_0) $\rightarrow$ плоскость пространства α_0, которое однозначно лишь в одном направлении.

Действительно, плоскости α_0 отвечает любая из четверок коэффициентов kA, kB, kC, kD, где k – любое число, не равное нулю. То есть уравнения:

$$A_0x+B_0y+C_0z+D_0=0;$$
$$kA_0x+kB_0y+kC_0z+kD_0=0$$

задают одну и ту же плоскость. Итак, одной четверке чисел соответствует одна плоскость, но одной плоскости соответствует однопараметрическое множество четверок чисел (столько же, сколько чисел k), соответственно пропорциональных четверок. Отношение «быть соответственно пропорциональным» является отношением эквивалентности на множестве четверок чисел. Поэтому четырехпараметрическое множество четверок чисел расслаивается на трехпараметрическое многообразие классов по однопараметрическому семейству пропорциональных четверок в каждом.

Таким образом, соответствие «класс пропорциональных четверок чисел – плоскость пространства» однозначно уже в обе стороны, и поэтому плоскостей в множестве M столько же, сколько таких классов, то есть ∞^3 - трехпараметрическое множество.

Если координаты x, y, z связаны двумя уравнениями, то этим выделяется одномерное подмножество трехмерного множества точек пространства – линия (в общем случае пространственная).

8. Размерность кривых, поверхностей. Параметрическое число P плоской алгебраической кривой m-го порядка:

$$P = \frac{m(m+3)}{2}. \qquad (8)$$

ПРИМЕР 1. Параметрическое число кривой второго порядка $m=2$ (например, коники): $P = \frac{2(2+3)}{2} = 5$, то есть, чтобы на плоскости выделить конику, нужно задать пять параметров.

В общем случае параметрическое число алгебраической поверхности m-го порядка:

$$P = \frac{1}{n!}\left[\prod_{i=1}^{n}(m+i)\right] - 1, \qquad (9)$$

где n – размерность объемлющего пространства; m – порядок поверхности.

ПРИМЕР 2. Поверхность второго порядка $m=2$ в трехмерном пространстве $n=3$ имеет следующее параметрическое число:

$$P = \frac{(2+1)(2+2)(2+3)}{1\cdot 2\cdot 3} - 1 = \frac{3\cdot 4\cdot 5}{2\cdot 3} - 1 = 9.$$

В приведенных выше примерах каждый коэффициент эквивалентен заданию одного условия. Поэтому говорят, что кривая второго порядка, будучи пятипараметрической, однозначно определяется заданием пяти точек, а поверхность второго порядка – заданием девяти точек.

1.7. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

При решении любой задачи важнейшим значением является задание необходимого и достаточного числа условий (параметров), которое необходимо при корректной постановке задачи. Если задача поставлена корректно, то у нее конечное число решений. Мы будем рассматривать только геометрические задачи, хотя в общем случае эту методику можно использовать при решении любых задач (экономических, технологических, экологических и т. д.).

На интуитивном уровне мы иногда понимаем, что задача составлена некорректно, то есть условий для выделения конечного числа решений недостаточно. Иногда встречаются такие задачи, где условий слишком много, то есть если убрать одно условие, то задача будет иметь конечное число решений. О таких задачах говорят, что условие поставлено слишком «жестко». Разрешить эти сомнения позволяет подсчет параметров. Рассмотрим конкретные задачи начертательной геометрии, начиная с самых простых.

ПРИМЕР 1. В плоскости ***xOy*** построить окружность, касающуюся оси ***x*** и имеющую центр на прямой **a** (рис. 19).

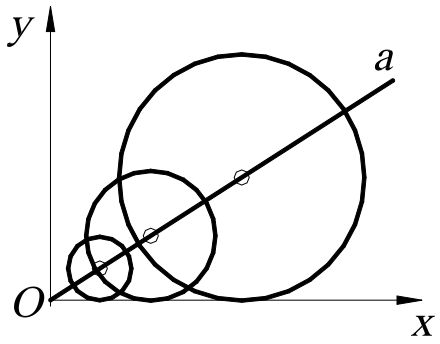


Рис. 19.

Условие задачи «неоднозначно», так как таких окружностей будет столько, сколько точек на прямой, то есть ∞^1. Действительно, параметрическое число окружности в пространстве E_2 равно трем (два параметра тратится на центр и один на радиус), а в задаче – только два условия (условие касания и принадлежность центра прямой). Поэтому необходимо задать еще одно условие, чтобы выделить конечное число решений, например, фиксированную точку на прямой – центр окружности или радиус окружности.

ПРИМЕР 2. Через точку ***B*** провести прямую, параллельную плоскостям ***α*** и ***β*** и пересекающую горизонтальную плоскость ***H*** в точке ***A*** (рис. 20).

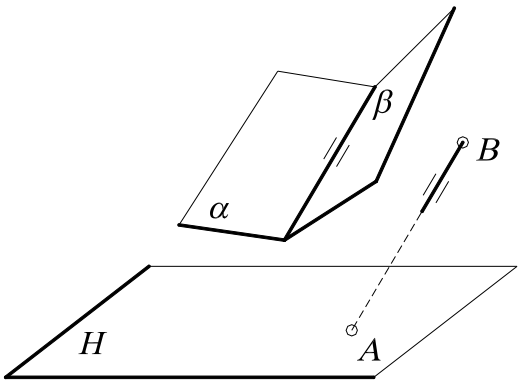


Рис. 20.

Условие задачи поставлено некорректно, «перезадано», так как параметрическое число прямой в пространстве E_3 равно четырем, а в задаче связывается пять условий (условие прохождения через точку связывает два параметра - ***2+2,*** так как две точки – ***A*** и ***B***; условие параллельности линии пересечения двух плоскостей – один). Действительно, если одну из точек переместить, то задача не будет иметь решения.

ПРИМЕР 3.

1. Через точку ***A*** провести прямую, пересекающую две скрещивающиеся прямые ***a*** и ***b.***

Известно, что прямых в **3**-пространстве четырехпараметрическое множество. Поэтому для того, чтобы построить эту прямую, необходимо «связать» четыре параметра. Условие прохождения прямых через фиксированную точку связывает у последней два параметра. В самом деле, возьмем произвольную (фиксированную) точку и установим взаимно однозначное соответствие (биекцию) между прямыми связки и точками плоскости (каждой точке плоскости соответствует единственная прямая связки, и наоборот). Точек на плоскости ∞^2, поэтому и множество прямых связки составляет дву-

параметрическое множество - ∞^2 (или по формуле ***P=(n-m)(m-r)=(3-1)(1-0)=2***). Очевидно, что связали два параметра ***D=4-2=2***, что соответствует формуле ***D=(n-m)(r+1)=(3-1)(0+1)=2***.

В случае прохождения прямых через две скрещивающиеся прямые (в данной задаче две прямые) связывает еще два параметра, так как в пучке прямых, пересекающих прямую ***b***, – ∞^1, но и на прямой ***a*** точек также ∞^1. Поэтому мы выделяем двупараметрическое множество прямых: $\infty^1 \cdot \infty^1 = \infty^{1+1} = \infty^2$, то есть конгруэнцию. Таким образом, связали все четыре параметра: ***D=4-2-2=0***. Задача поставлена корректно.

2. Если условие задачи изменить на следующее: построить прямую, проходящую через точку ***A*** и пересекающую три скрещивающиеся прямые.

В данной задаче число условий (как говорят) перезадано для выделения конечного числа решений. Условие прохождения через прямую связывает один параметр, так как в связке прямых ∞^2, а точек на прямой ∞^1, поэтому мы выделяем трехпараметрическое множество прямых $\infty^2 \cdot \infty^1 = \infty^3$, то есть линейный комплекс. Комплекс определяется заданием всех прямых, проходящих через фиксированную прямую.

Прямых в ***3***-пространстве, как известно, ∞^4, то есть связали один параметр ***D=4-3=1***. Условие прохождения всех прямых через две фиксированные прямые, как было сказано выше, «связывает» два параметра. Таким образом, условие прохождения прямых через три скрещивающиеся «связывает» три параметра. Следовательно, ***D=4-3=1***, то есть выделили однопараметрическое множество прямых, которое называется ***линейчатой поверхностью***, или ***регулюс***. Поэтому условие задачи поставлено некорректно, так как нет конечного числа решений. Однако на примере этой задачи показано, как выделяется линейчатая поверхность.

2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

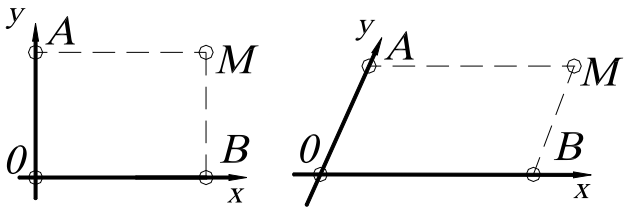
Координатами (от лат. *co* – приставка, означающая совместность, и *ordinatus* – упорядоченный, определённый) называют величины, заданием которых определяется положение точки на прямой, плоскости, поверхности или в пространстве.

2.1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ

Для одномерного случая хорошей иллюстрацией координат является термометр. Некоторой точке ставится в соответствие число ***0***, задаётся единица измерения, определяющая точки ***1, 2, 3…*** - положительные значения координат, которые располагаются на равных расстояниях друг от друга и с одной стороны от точки ***0***. Отрицательные целые числа ***-1, -2, -3…*** определяются симметрично с противоположной стороны от положительных чисел, а дробные вставляются между ними. Произвольной точке ***A*** ставится в соответствие одно из этих чисел.

В двумерном случае положение точки на плоскости может быть определено её расстоянием до двух фиксированных перпендикулярных прямых – ***осей***. Эти понятия встречаются уже у Архимеда Сиракузского (его знаменитая фраза «дайте мне точку опоры, и я переверну весь мир» говорит об этом) и Аполлония Пергского, живших более двух тысяч лет назад, и даже у древних египтян.

Впервые идея о прямоугольных координатах (рис. 21, *а*) была систематизирована французами Пьером Ферма (1601 – 1665) и Рене Декартом (1596 – 1650). Однако в их формулировках расстояния могли быть только положительными. Значительную роль в математике сыграла важная идея, которая принадлежала сэру Исааку Ньютону (1642 – 1727), о том,



а *б*

Рис. 21.

что эти расстояния можно считать и отрицательными, Г. В. Лейбниц (1646 – 1716) первым назвал эти расстояния «координатами».

Для некоторых целей можно использовать неперпендикулярные оси, расстояния от точки ***0*** представляют собой параллелограмм (рис.21, *б*). Отрезки ***AM = 0B = x*** – абсцисса; ***BM = 0A = y*** – ордината точки ***M*** от двух осей координат ***0x*** и ***0y***. Ось ***x*** выражается уравнением ***y =0***, так как каждая точка оси ***x*** удовлетворяет этому уравнению. По аналогии для оси ***y***: ***x=0***.

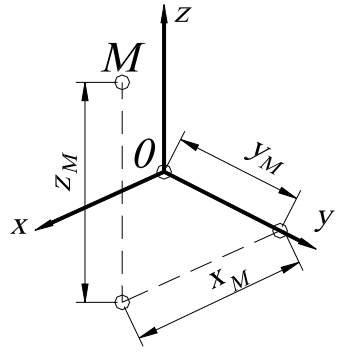


Рис. 22.

Систему координат в пространстве определяют три взаимно перпендикулярные плоскости, которые в своём пересечении дают три взаимно перпендикулярные оси ***x, y, z*** (z_M– аппликата) (рис. 22). Точка ***0*** во всех случаях называется началом координат.

2.2. ПОЛЯРНЫЕ КООРДИНАТЫ ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ

Полярные координаты на плоскости есть расстояние ***0A = r*** от фиксированной точки ***0*** (полюса) и угол ***POM = φ*** между прямой ***0A*** и полярной осью ***0P***, где ***r*** - радиус-вектор, ***φ*** - полярный угол (рис. 23).

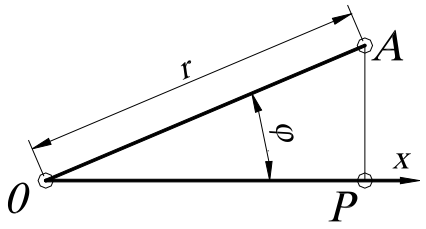


Рис. 23.

Ось ***0P*** можно отождествить с осью ***x*** прямоугольных декартовых координат. Тогда точка ***A*** имеет две координаты ***(r; φ)***. Иногда можно использовать и отрицательные значения ***r***, считая, что точка ***(r; φ)*** совпадает с точкой ***(-r;φ+180^0)***.

Если даны декартовы координаты, то можно перейти к полярным координатам, используя тригонометрические функции, а именно: координаты точек

x = r cos φ, y = r sin φ.

Полярные координаты особенно удобны для описания тех движений и преобразований подобия (центральная симметрия, симметрия относительно прямой, гомотетия и т. д.), которые имеют неподвижную точку. Начало координат в этом случае выбирают именно в этой точке. В пространстве аналогом полярных координат служат цилиндрические и сферические координаты.

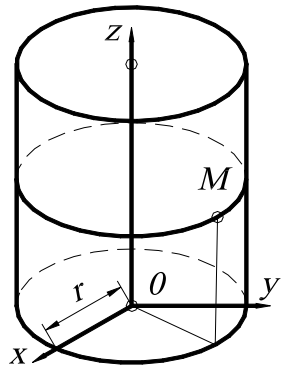


Рис. 24.

2.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Цилиндрические координаты точки ***M*** есть числа ***r, φ, z*** (рис. 24), связанные с декартовыми координатами ***x, y, z*** следующими уравнениями: ***x = r cos φ;***

y = r sin φ;

z = z.

2.4. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Сферические координаты точки M есть три числа r, φ, θ, связанные с декартовыми координатами следующими уравнениями:

$$x = r\cos\varphi\cos\theta;$$
$$y = r\sin\varphi\cos\theta;$$
$$z = \sin\theta,$$

где r – радиус-вектор, равный $0M$ (рис. 25);

φ - угол между положительным направлением оси $0x$ и горизонтальной проекцией радиус-вектора $0M$ на плоскость $x0y$, взятый против часовой стрелки;

θ - угол между радиус-вектором $0M$ и горизонтальной проекцией его на плоскость $x0y$;

Угол $90^0 - \theta = \sigma$ называется зенитным углом. Сферические координаты применяются для определения географических координат на земной поверхности.

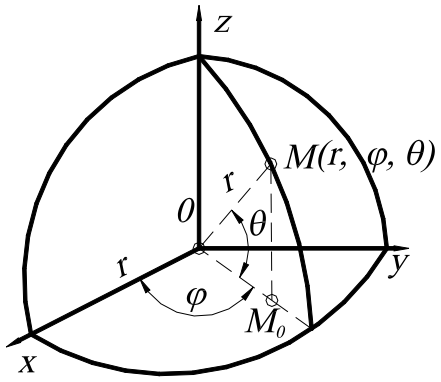


Рис. 25.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое независимые параметры?

2. Привести примеры одно- , двух-, трёх-, четырёхпараметрических многообразий.

3. Проверьте правильность следующих утверждений: 1) прямую в пространстве можно задать: а) точкой и параллельной ей прямой; б) точкой и парой пересекающихся прямых; 2) плоскость: а) тройкой точек; б) точкой и прямой; в) парой пересекающихся прямых; 3) сферу: а) центром и точкой; б) центром и касательной плоскостью; в) четвёркой некомпланарных точек; г) диаметром; 4) цилиндром вращения: а) осью и образующей; б) тройкой некомпланарных образующих.

4. Проверить корректность постановки следующей задачи. В пространстве даны плоскость ω и точки O_1 и O_2. Построить в плоскости ω точки A_1 и A_2 на расстоянии r_1 от O_1 и на расстоянии r_2 от O_2.

5. Определить размерность пересечения геометрических многообразий в различных пространствах: пересечение двух прямых в плоскости (пространстве), пересечение двух плоскостей в трёх- и четырёхмерном пространствах.

Глава 2
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. ЗАПУСК СИСТЕМЫ *AutoCAD*

Запуск ***AutoCAD*** осуществляется так же, как и любого другого приложения в **Windows**: при помощи ярлыка, размещённого на рабочем столе, или посредством меню (на панели задач щелкнуть на кнопке ***Start*** (Пуск), выбрать пункт ***Programs*** (Программы) и затем из выпавшего меню – ***AutoCAD 2005***).

После запуска ***AutoCAD***, в зависимости от его настройки выводится диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) (рис. 26) или рабочее окно ***AutoCAD*** (рис. 27) .

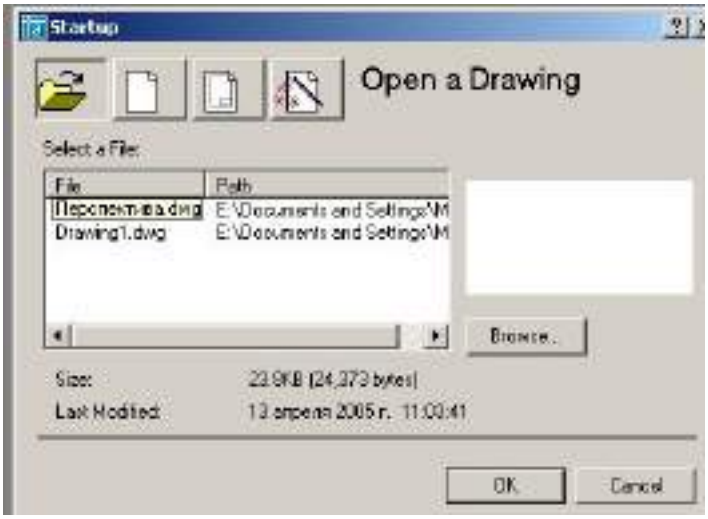


Рис. 26

В диалоговом окне ***Startup*** (Начало работы) предоставляют пользователю 4 кнопки:

1.  ***Open a Drawing*** (Открытие чертежа) для открытия ранее созданного чертежа.
2.  ***Start from Scratch*** (Без шаблона), то есть начать чертёж без предварительной настройки. При этом пользователю предлагается установить только единицы измерения – британские (футы и дюймы) или метрические.
3.  ***Use a Template*** (Использовать шаблон). При этом ***AutoCAD*** выводит список имеющихся шаблонов. Кроме этого пользователь может создать свои шаблоны с нужными ему настройками, например основную надпись и рамку формата.
4.  ***Use a Wizard*** (Вызов Мастера) для выполнения предварительной настройки. Мастер позволяет последовательно выполнить полную установку параметров рабочей среды ***AutoCAD***: установить единицы измерения длины (***Units***); единицы измерения углов (***Angle***); задать начало отсчёта угла (***Angle Measure***); положительное направление отсчета угла (***Angle Direction***); определить границы области рисунка (***Area***).

Диалоговое окно ***Startup*** (Начало работы) вызывается при каждой загрузке сеанса ***AutoCAD*** только один раз. В дальнейшем для создания рисунков в запущенном сеансе ***AutoCAD*** вызывается диалоговое окно ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка). Если после загрузки ***AutoCAD*** сразу открывается рабочее окно, то вышеописанные настройки можно выполнить при помощи команд UNITS и LIMITS (пункт меню ***Format***). Для открытия диалогового окна при запуске ***AutoCAD*** необходимо предварительно настроить, войдя в меню ***Format*** (Формат), выбрать вкладку ***System*** (Система) и в раскрывающемся списке ***Startup*** назначить пункт ***Show traditional startup dialog***, что соответствует выбору традиционного диалогового окна.

2. ВИД РАБОЧЕГО ОКНА *AutoCAD*

Рабочее окно системы ***AutoCAD*** содержит типичные для программ, работающих в Windows, элементы (панели инструментов, строка меню, линейки прокрутки). Кроме этого в рабочем окне располагаются две основные области ***AutoCAD*** – зона чертежа и командная строка, в которых происходит основной диалог пользователя с системой (см. рис. 27).

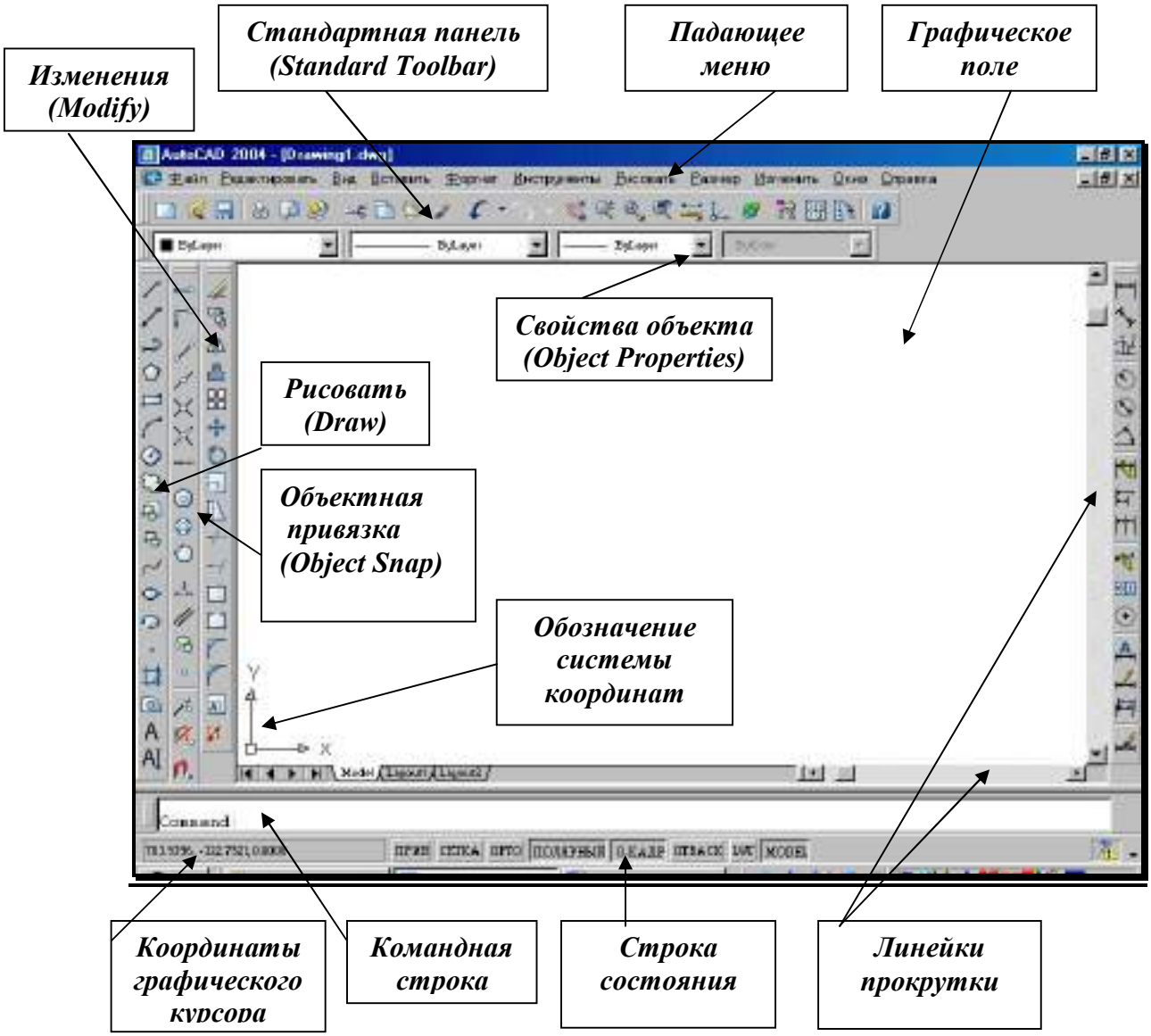


Рис. 27.

3. ПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ

Падающее меню (рис. 28) содержит названия меню, в которых по функциональному признаку сгруппированы часто используемые команды ***AutoCAD***. Команды в меню могут располагаться на нескольких уровнях (отличительный признак – «стрелка-треугольник» в конце строки с именем команды). Если за именем команды идёт многоточие, то это означает, что параметры команды определяются в диалоговом окне.

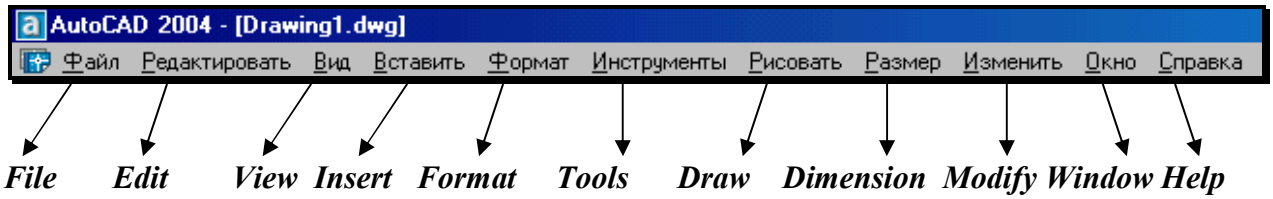


Рис. 28.

Строка падающих меню содержит следующие пункты:

- **File** (Файл) – меню работы с файлами: открытие, сохранение, печать, экспорт файлов в другие форматы и т. д.;
- **Edit** (Правка) – меню редактирования частей графического поля Рабочего стола Wndows;
- **View** (Вид) – команды управления изображением на экране монитора, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, позволяет устанавливать необходимые панели инструментов;
- **Insert** (Вставка) – осуществляет вставку блоков, внешних объектов, объектов других приложений;
- **Format** (Формат) – обеспечивает работу со слоями, цветом, типами линий, управление стилем текста, размеров, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа;
- **Tools** (Сервис) – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат;
- **Draw** (Рисование) – содержит команды рисования;
- **Dimension** (Размеры) – включает команды простановки размеров и управления параметрами размеров;
- **Modify** (Редактирование) – включает команды редактирования элементов чертежа;
- **Window** (Окно) – содержит средства управления окнами при работе в многооконном режиме;
- **Help** (Справка) – содержит средства справочной системы ***AutoCAD***.

4. СТРОКА СОСТОЯНИЯ

Строка состояния (рис. 29) находится в нижней части экрана, под командной строкой и содержит следующие кнопки.



Рис. 29.

- **SNAP** (ПРИВ) – Шаговая привязка (***Snap Mode***) – включение и выключение дискретного перемещения курсора с заданным шагом (**F9**);
- **GRID** (СЕТКА) – Отображение сетки (***Grid Display***) – включение и выключение сетки (**F7**);
- **ORTHO** (ОРТО) – Режим «ОРТО» (***Ortho Mode***) – включение и выключение ортогонального режима, параллельного осям ***x*** и ***y*** (**F8**);
- **POLAR** (ПОЛЯРНЫЙ) – Полярное отслеживание (***Polar Tracking***) – включение и выключение режима полярного отслеживания (**F10**);

- **OSNAP** (О-КАДР) – Объектная привязка (***Object Snap***) - включение и выключение режимов объектной привязки (**F3**);
- **OTRACK** (ОТС – ПРИВ) – Отслеживание при объектной привязке (***Object Snap Tracking***) - включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке (**F11**);
- **LWT** (ВЕС) – Отображение линий в соответствии с весами (***Show/Hide Lineweight***) – включение и выключение режима отображения линий в соответствии с их толщиной;
- **MODEL/PAPER** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) – Пространство модели или пространство листа (***Model or Paper space***) – переключение из пространства модели в пространство листа.

5. ВВОД КОМАНД

Вводить команды в ***AutoCAD*** можно с клавиатуры, из разнообразных меню или с панелей инструментов. Для ввода команды с клавиатуры необходимо напечатать имя команды в командной строке и нажать клавишу ENTER или SPACE. Ввод команд из меню представляется более удобным и наглядным. Чтобы ввести команду, необходимо выбрать нужную команду из списка меню или панели инструментов и нажать левую кнопку мыши. Для повторения последней команды достаточно нажать клавишу ENTER или SPACE. Выполнение команды можно прервать на любой стадии диалога, нажав клавишу ESC.

6. ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ

Панели инструментов являются частью интерфейса ***AutoCAD***. Они состоят из кнопок (пиктограмм), предназначенных для быстрого ввода наиболее часто используемых команд. При загрузке ***AutoCAD*** по умолчанию выводятся четыре панели: 1) ***Standard Toolbar*** (Стандартная панель инструментов); 2) ***Object Properties*** (Свойства объектов); 3) ***Draw*** (Рисовать); 4) ***Modify*** (Изменить).

Остальные панели инструментов можно вывести на экран через меню ***View*** (Вид)→***Toolbars*** (Панели). *Удобно выбирать требующуюся панель инструментов нажатием правой кнопки мыши, находящейся на любой пиктограмме панелей инструментов*. Далее рассматриваются наиболее часто используемые панели инструментов.

7. СТАНДАРТНАЯ ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ

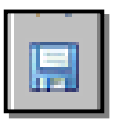
(*Standard Toolbar*)



– ***New*** (Новый) – создание нового чертежа;



– ***Open*** (Открыть) – загрузка существующего файла;



– ***Save*** (Сохранить) – сохранение текущего файла;



– ***Print Preview*** (Предварительный просмотр) – предварительный просмотр чертежа перед выводом на печать;



– ***Plot*** (Печать) – вывод чертежа на плоттер или принтер;



– ***Find and Replace*** (Поиск и замена) – поиск, замена, выбор и показ крупным планом текста на рисунке;



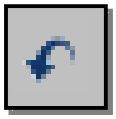
– ***Cut to Clipboard*** (Вырезать) – копирование объектов в буфер обмена с удалением их из рисунка.



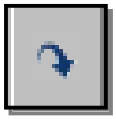
– ***Copy to Clipboard*** (Копировать) – копирование выбранных элементов чертежа в буфер Windows;



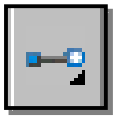
– ***Paste from Clipboard*** (Вставить) – вставка данных из буфера Windows;



– ***Undo*** (Отменить) – отмена действия последней команды;



– ***Redo*** (Повторить) – восстановление только что отменённого действия;



– Подменю ***Object Snap*** (Объектная привязка) – раскрывающийся набор инструментов для выбора объектной привязки;



– Подменю ***UCS*** (ПСК) – раскрывающийся набор инструментов для определения новой пользовательской системы координат;



– Подменю ***Zoom*** (Зумирование) – раскрывающийся набор инструментов для задания различных способов увеличения и уменьшения видимого размера объектов на текущем видовом экране;



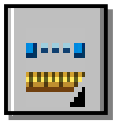
– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени;



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– Подменю ***Inquiry*** (Сведения) – раскрывающийся список инструментов:

- - ***Distance*** (Расстояние) – определение расстояния и угла между точками;
- - ***Locate Point*** (Координаты) – определение координат указанной точки;
- - ***Area*** (Площадь) – вычисление площади и периметра объекта;
- - ***Mass Properties*** (Масса) – вычисление массоинерционных характеристик;
- - ***List*** (Список***)*** – вывод информации о примитиве;



– ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) – вызов диалогового окна ***Viewports*** (Видовые экраны);



– ***Named Views*** (Именованные виды) – вызов диалогового окна для работы с видами и выбора аксонометрических проекций;



– ***3D Orbit*** (3М Орбита) – интерактивный просмотр объектов в трёхмерном пространстве; позволяет, изменяя направление взгляда на модель, рассмотреть её с любой точки зрения;



– ***Properties*** (Свойства) – вызов окна для управления свойствами выбранных объектов.

8. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Properties* *(Свойства объекта)*

Панель инструментов ***Object Properties*** (рис.30) облегчает работу со слоями и типами линий и размещается сверху от рабочей зоны чертежа.

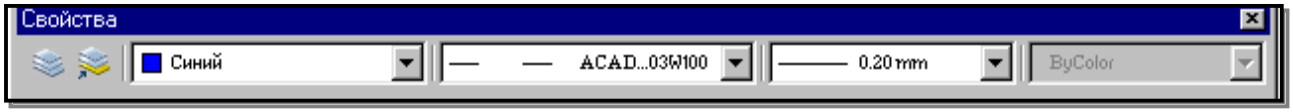
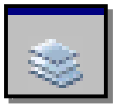


Рис. 30.

Построенные объекты всегда размещаются на определённом слое. Слой – это средство для группировки данных, подобное наложению друг на друга прозрачных калек с фрагментами чертежа («слоёный пирог»). Слои могут быть использованы по умолчанию, а также заданы и именованы пользователем (имя слоя может содержать до 255 символов). Слой может отображаться на экране монитора отдельно или в комбинации с другими слоями, он может быть включён, выключен или заблокирован для редактирования. С каждым слоем связаны определённый цвет, тип и вес (толщина) линии, стиль печати.



– ***Layers*** (Слои) – вызов диалогового окна установки параметров слоёв ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя), также может загружаться из падающего меню ***Format*** (Формат)→***Layer…***(Слой).



– ***Make Object's Layers Current*** (Сделать слой объекта текущим) – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного объекта.

При создании нового рисунка автоматически создаётся слой с именем ***0***. Слой ***0*** не может быть удалён или переименован. С помощью кнопки ***New*** (Новый) диалогового окна ***Layer Properties Manager*** (Диспетчер Свойств Слоя) создается новый слой (рис. 31), в котором можно задать другой цвет объекта, тип линии и вес (толщину) линии. После щелчка мышью по этой кнопке в списке слоёв появляется новый слой с временным именем.

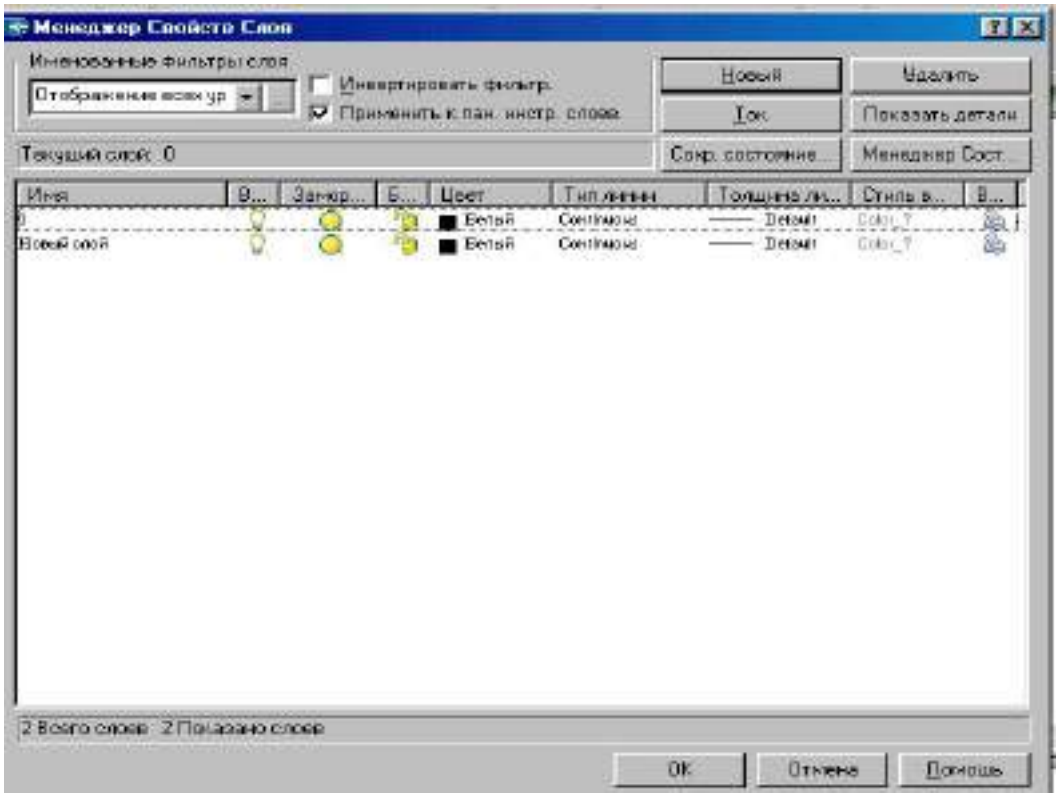


Рис. 31.

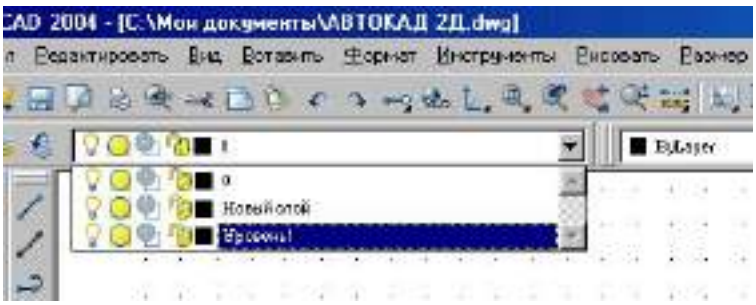


Рис. 32.

Все новые слои именуются в порядке их создания. Чтобы присвоить слою другое имя, необходимо набрать его с клавиатуры в поле временного имени и нажать Enter. Для переименования имеющегося слоя необходимо войти в поле имени слоя двойным щелчком мыши. Для того, чтобы сделать слой текущим, необходимо либо установить курсор мыши на нужный слой и щелкнуть мышью по кнопке ***Current*** (Текущий), либо выбрать его из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов (рис. 32).

Управление видимостью слоя.

AutoCAD не отображает на экране объекты, расположенные на невидимых слоях, и не выводит их на плоттер. Если при работе с деталями рисунка на одном или на нескольких слоях рисунок слишком загромождён, допускается отключить или заморозить неиспользуемые слои.

Для запрещения вывода на печать объектов определённых слоёв, например слоёв для вспомогательных линий, можно оставить эти слои видимыми, но отключить их вывод на печать.

Выбор способа отключения видимости слоёв зависит от характера использования слоёв и от сложности рисунка. Замораживание слоёв лучше осуществлять в тех случаях, когда видимость слоя можно отключить на длительное время. В тех случаях, когда требуется частое изменение видимости слоев, лучше использовать отключение слоёв, а не

замораживание. На печать могут выводиться только объекты включенных и размороженных слоёв. Видимый слой печатается, если не отключен его вывод на печать.

Редактировать объекты на блокированных слоях нельзя. Однако они остаются видимыми, если слой включен и разморожен. Можно установить блокированный слой текущим и создавать на нем объёкты.

Для управления слоями используются следующие пиктограммы, которые активизируются при помощи щелчка мышью на соответствующей пиктограмме.

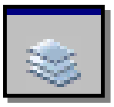


– Раскрывающийся список управления слоями ***Layer*** (Слой) содержит пиктограммы состояний слоя

Название слоя
Цвет слоя
Управление выводом содержимого слоя на печать
Блокирование/Разблокирование слоя
Замораживание/Размораживание слоя на всех видовых экранах
Включение/Отключение слоя

Выполнить упражнение № 1.

Создать слой ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ ***№ 1***



LAYER (Слои)

Падающее меню FORMAT (Формат) → LAYER (Слои)

В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) выбрать кнопку New (Новый) и в появившемся поле нового слоя ввести имя ШТРИХОВЫЕ ЛИНИИ.

В области *Line type* (Тип линии) выбрать (щелчком мыши) Continuous.

В диалоговом окне *Select Line type* (Выбор типа линии) выбрать кнопку *Load…* (Загрузить).

В диалоговом окне *Load or Line type* (Загрузка или Перезагрузка типов линий) выбрать *Hidden 2*

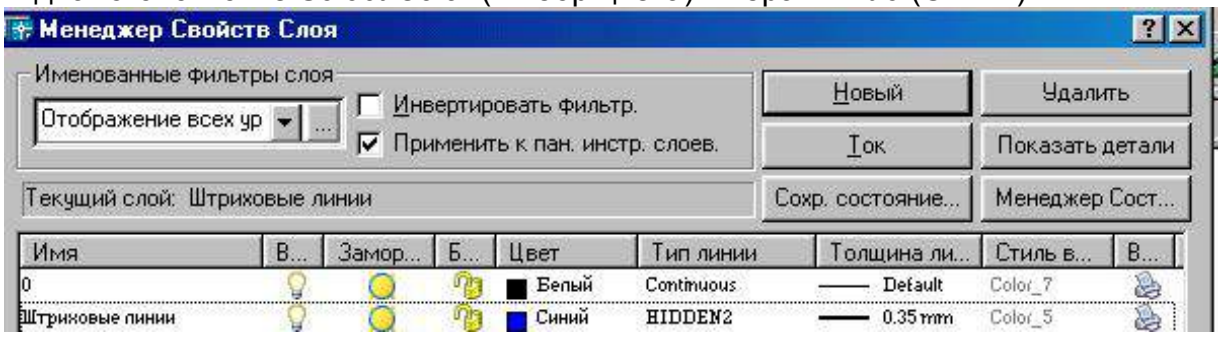
В диалоговом окне *Layer Properties Manager* (Менеджер свойств слоя) установить *Hidden 2*.

В области *Lineweight* (Толщина линии) выбрать (щелчком мыши) *Default*.

В диалоговом окне *Lineweight* выбрать 0,35.

В области *Color* (Цвет линии) выбрать (щелчком мыши) *White* (Белый).

В диалоговом окне *Select Color* (Выбор цвета) выбрать *Blue* (Синий)



9. ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИМИТИВЫ

Примитив – это заранее определённый основной геометрический элемент, при помощи которого строятся более сложные модели. Система ***AutoCAD*** использует обширный набор

примитивов: точки, отрезки, круги, дуги, полилинии (непрерывная последовательность отрезков и дуг), мультилинии (ломаная линия, сегменты которой состоят из нескольких параллельных отрезков), сплайны (гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек), тексты, блоки (именованный объект, сформированный из нескольких примитивов), эллипсы, многоугольники, фигуры (часть плоскости, ограниченная тремя или четырьмя отрезками) и т. д. Общими свойствами, которыми обладают все примитивы, являются принадлежность к слою, цвет и тип линии. Многие примитивы обладают также толщиной. Отдельные примитивы (текст, блок) имеют специальные свойства (угол наклона, точка вставки и др.).

10. ВВОД КООРДИНАТ ТОЧКИ

Ввод координат в **AutoCAD** осуществляется двумя способами:

1. Непосредственно с клавиатуры, путём задания численных значений в командной строке.
2. При помощи графического курсора, который перемещается по экрану мышью или клавишами управления курсором. Ввод координаты осуществляется щелчком левой кнопки мыши.

При этом в строке состояния, расположенной в нижней части Рабочего стола, происходит отображение текущих значений координат. Для удобства ввода координат можно использовать следующие режимы, которые устанавливаются в строке состояния:

- ***ORTHO*** (Орто) – режим, когда изменение происходит только по осям ***x*** или ***y***.
- ***SNAP*** (Шаговая привязка) – привязка к узлам невидимой сетки, определённой с некоторым шагом по ***x*** и ***y***.

КООРДИНАТЫ ТОЧКИ В ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости ***xOy***, которая называется плоскостью построений. Точка может быть задана *абсолютными* и *относительными координатами*. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x,y**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координаты ***y***, а также направление (+ или -).

- *Полярные координаты***: …point: ρ<φ**,

где ρ - длина вектора (расстояние), соединяющего точку с началом координат,

φ - угол наклона этого вектора относительно предыдущей точки (< - специальный символ, знак «меньше»). За положительное направление изменения угла принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***x***.

Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***x*** и ***y*** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую и приращение по оси ординат ***y***.

- *Полярные координаты*: **…point: @ρ<φ**.

В системе ***AutoCAD*** допускается использовать *прямую запись расстояния*, что особенно удобно для быстрого ввода длины линии. Для ввода координат точки, отстоящей на заданное расстояние и в заданном направлении, необходимо вначале переместить графический курсор в желаемом направлении, а затем напечатать в командной строке требуемое расстояние: **point: 85**.

11. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Draw* (*Рисовать*)

Панель инструментов ***Draw*** (рис. 33) содержит кнопки для вызова команд вычерчивания, наиболее часто используемых графических примитивов.



Рис. 33.

Панель инструментов ***Draw*** (Рисовать), показанная на рис. 33, содержит кнопки (пиктограммы) для вызова команд вычерчивания наиболее часто используемых графических примитивов. Для ввода команды достаточно щелкнуть мышью по этой кнопке. Панель инструментов разделена на следующие группы:

- команды для вычерчивания отрезков прямых линий различного типа и специальных линий;
- команды для вычерчивания линий, содержащих прямолинейные и дуговые сегменты, а также прямоугольников и правильных многоугольников;
- команды для вычерчивания рациональных B-сплайнов, окружностей, эллипсов и их дуг;
- команды создания блоков и точек;
- команды нанесения штриховок и создание замкнутых контуров и областей;
- команды нанесения текстов.

12. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ

Графические примитивы создаются командами рисования, которые вызываются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) или панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Необходимо отметить, что одни и те же элементы чертежа могут быть получены с помощью различных команд.

При построении чертежей требуется их редактирование. *Прежде чем редактировать объекты чертежа, необходимо выбрать, то есть указать системе набор примитивов, с которыми предполагается дальнейшая работа. Выбранные примитивы изображаются на экране монитора пунктирными линиями, что служит визуальным подтверждением их выбора.*

Здесь разрешены следующие способы выбора объектов: указание объекта «прицелом» графического курсора; выбор с помощью предполагаемой рамки (для этого графический курсор устанавливают над частью чертежа, нажимают левую кнопку мыши и «растягивают» рамку по диагонали, указывая вторым щелчком мыши размер рамки). Если диагональ рамки определяется слева направо, то выбираются объекты, полностью разместившиеся в окне выбора. Если же диагональ рамки определяется справа налево, то выбираются объекты не только полностью разместившиеся в окне рамки, но и пересекающие рамку.

Иногда невозможно выбрать объекты без случайного указания другого близлежащего объекта. В этом случае нужно указать примитив «прицелом» курсора и щелкнуть левой кнопкой мыши при нажатой клавише *Shift*. Для удаления объектов необходимо выбрать объект и нажать клавишу *Delete*.

12.1. ТОЧКА



Команда ***Point*** (Точка) – формирование точки, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Point*** (Точка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Point*** (Точка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Точка определяется указанием её координат или указанием курсора.



Рис. 34.

Форма точки задается с помощью системной переменной PDMODE, а её размер – с помощью переменной PDSIZE. Значения этих переменных пользователь устанавливает в диалоговом окне ***Point Style*** (Стиль точки), которое вызывается из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Point Style*** (Стиль точки) (рис. 34). В этом диалоговом окне показано 16 образцов значков. Для выбора любого из них нужно щелкнуть мышью на любом из них.

Размер маркера точки может определяться в процентах от размера экрана монитора или в абсолютных единицах. Чтобы настроить размер точки, необходимо выбрать один из переключателей и вписать с клавиатуры нужное значение размера точки.

12.2. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ

Линии в ***AutoCAD*** являются базовым примитивом и могут быть различных видов: одиночные отрезки, ломаные (с сопряжениями дугами и без них), пучки параллельных линий (мультилинии), сплайны, а также эскизные линии.

12.2.1. ОТРЕЗОК



Команда ***Line*** (Отрезок) – формирование отрезка – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Line*** (Отрезок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Line*** (Отрезок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Отрезки могут быть одиночными или объединёнными в ломаную линию. *При этом каждый отрезок ломаной линии является отдельным примитивом*; если же необходимо, чтобы набор линейных сегментов был единым объектом (областью), лучше применять полилинии.

При построении непрерывной ломаной линии конец предыдущего звена ломаной является началом следующего. Завершение построения ломаной линии осуществляется после нажатия клавиши ***Enter*** (условное обозначение – ↵). Если же ломаная линия является замкнутой, то в командной строке нужно с клавиатуры набрать слово ***Close*** (Закрыть) или начальную букву этого слова ***C***.

Выполнить упражнения № 2, 3, 4 (см. «Ввод координат точки»).

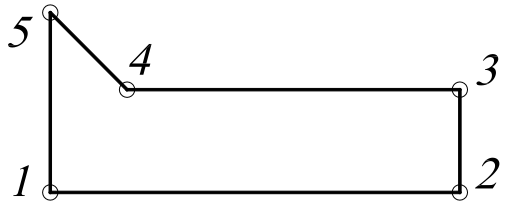
Построить многоугольник, задавая точки в абсолютных координатах № 2

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	100, 20	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	100, 40	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	35, 40	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	20, 55	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	Close	замкнуть ↵

Undo

Отмена последнего действия

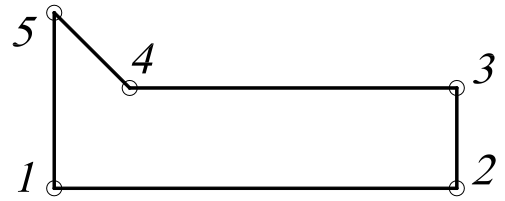


Построить многоугольник, задавая точки в относительных координатах № 3

Line Падающее меню ***Draw → Line***

Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80, 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 0, 20	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -65, 0	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ -15, 15	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2

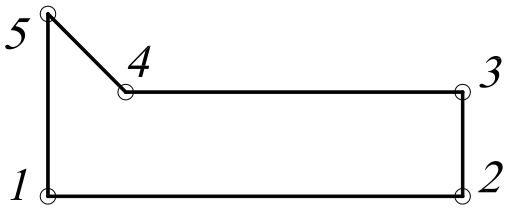


Построить многоугольник, задавая точки в полярных координатах № 4

Line Падающее меню ***Draw → Line***

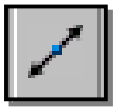
Line Specify first point:	20, 20	точка 1↵
Specify next point or [Undo]:	@ 80 < 0	точка 2↵
Specify next point or [Undo]:	@ 20 < 90	точка 3↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 65 < 180	точка 4↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	@ 21 < 135	точка 5↵
Specify next point or [Close/ Undo]:	C	замкнуть

@ - комбинация клавиш Shift + 2



12.2.2. ПРЯМАЯ И ЛУЧ

В ***AutoCAD*** допускается построение линий, не имеющих конца в одном или в обоих направлениях. Такие линии называются соответственно *лучами* или *прямыми*. Их можно использовать в качестве вспомогательных линий при построении объектов, и удобнее строить их в отдельных слоях.



Команда ***XLine*** (Прямая) – формирование прямой – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Construction line*** (Конструкционная прямая) или щелчком мыши по пиктограмме ***Construction line*** (Конструкционная прямая) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда ***XLine*** (Прямая) применяется в двумерном и трехмерном черчении.

Опции команды ***XLine*** (Конструкционная прямая):

- ***Hor*** (Гор) – для построения горизонтальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать h \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ver*** (Вер) – для построения вертикальной вспомогательной линии нужно с клавиатуры набрать v \Enter, а затем задать точку любым из способов, через которую должна пройти эта линия;
- ***Ang*** (Угол) – для построения наклонной вспомогательной прямой линии нужно ввести с клавиатуры a \Enter. Далее AutoCAD выведет дополнительные запросы:
  Enter angle of xline (0) or [Reference] \ Задайте угол наклона или…
  Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:

После ответа на эти запросы система строит вспомогательную линию через указанную точку под заданным углом. Задавая следующие точки, можно строить пучок линий, параллельных первой построенной линии. Если в ответ на запрос - Specify through point \ Задайте точку, через которую пройдёт линия:…- нажать клавишу Enter, то это действие приведёт к завершению работы с командой.

- ***Bisect*** (Биссект) –эта опция позволяет построить биссектрису угла по его вершине и двум точкам, расположенным на сторонах угла;
- ***Offset*** (Смещение) – по смещению от заданной линии (следует задать величину смещения, выбрать базовую линию и указать, с какой стороны должна проходить прямая).



Команда ***Ray*** (Луч) – построение луча – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ray*** (Луч) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ray*** (Луч) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Эта команда применяется при выполнении вспомогательных построений, которые используются как база при вычерчивании контурных линий. В отличие от прямых, бесконечных с обеих сторон, луч не имеет конца только в одном направлении, что позволяет снизить загромождённость рисунка.

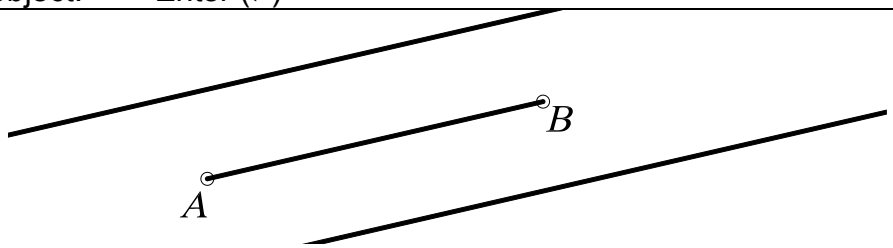
Выполнить упражнение № 5.

Построить вспомогательную прямую,
с величиной смещения 20 от заданного отрезка AB ***№ 5***

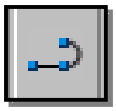


XLine Падающее меню ***Draw → XLine***

XLine Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: offset задать опцию - смещение
Specify offset distance or [Through] < Through>: 20 задать расстояние 20 или <по умолчанию>
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув выше отрезка AB
Select a line object: выбрать линейный объект, указав курсором и щелкнув мышью
Specify side to offset: задать сторону смещения, щелкнув ниже отрезка AB
Select a line object: Enter (↵)



12.2.3. ПОЛИЛИНИЯ



Команда ***PLine*** (ПЛиния) – построение полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Polyline*** (Полилиния) или щелчком мыши по пиктограмме ***Polyline*** (Полилиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***PLine*** (ПЛиния) служит для вычерчивания линии заданной толщины, состоящей из непрерывной последовательности отрезков прямых линий и дуг окружностей, и обрабатывается системой как графический примитив. Разрешено многократное переключение между режимом вычерчивания отрезков прямых и режимом вычерчивания дуг окружностей. Каждый режим имеет собственный набор параметров, который повторяется после вычерчивания каждого сегмента. По умолчанию эта команда использует режим вычерчивания отрезков прямых линий. При вычерчивании дуги окружности на экране монитора последовательно визуализируются её промежуточные положения.

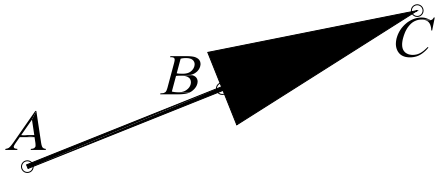
После вызова команды система выдает запрос о местоположении начальной точки. После ввода координат (с клавиатуры или с помощью графического курсора) появляется сообщение о текущей толщине линии Current line-width is 0.0000 (Текущая ширина линии равна 0.0000). Затем появляется список параметров команды:

- ***Arc*** (Дуга) – переход в режим дуг;
- ***Close*** (Замкнуть) – замыкает полилинию отрезком;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – позволяет задать полуширину, то есть расстояние от осевой линии широкого сегмента до края;
- ***Length*** (Длина) – длина сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении;
- ***Undo*** (Отменить) – отменяет последний созданный сегмент;
- ***Width*** (Ширина) – позволяет задать ширину последующего сегмента.

Опции команды ***PLine*** (ПЛиния) в режиме дуг:

- ***Angle*** (Угол) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга вычерчивается против часовой стрелки. Если требуется построить дугу по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла;
- ***CEnter*** (Центр) – указать центр дуги;
- ***Close*** (Замкнуть) – замкнуть дугой;
- ***Direction*** (Направление) – задать направление касательной;
- ***Halfwidth*** (Полуширина) – определить полуширину полилинии;
- ***Line*** (Линейный) – переход в режим отрезков;
- ***Radius*** (Радиус) – ввести радиус дуги;
- ***Second pt*** (Вторая) – вторая точка дуги по трём точкам. Если дуга не является сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему;
- ***Undo*** (Отменить) – отменить последнюю точку;
- ***Width*** (Ширина) – определить ширину полилинии.

Выполнить упражнения № 6, 7, 8, 9.

Построить полилинию с переменной толщиной	***№ 6***
PLine Падающее меню ***Draw → Polyline*** Specify start point: 90,50 начальная точка A Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию) Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <0.0000>: 1 стартовая ширина Specify ending width <1.0000>: 1 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 140, 70 точка B Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии Specify starting width <1.0000>: 20 стартовая ширина Specify ending width <20.0000>: 0 конечная ширина Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 190, 90 точка C Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Enter	
	

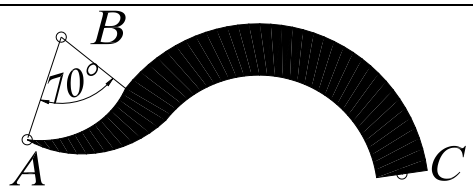
Многократное применение параметра Undo приводит к последовательному уничтожению сегментов полилинии и соответствующему переключению режимов работы команды.

Построить полилинию в режиме дуг *№ 7*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 0 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 15 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Ang задать углом
Specify included angle: 70 величина угла
Specify endpoint of arc or [Center/Radius]: Cen задать центр
Specify center point of arc: 100, 80 точка B
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: 200,40 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter

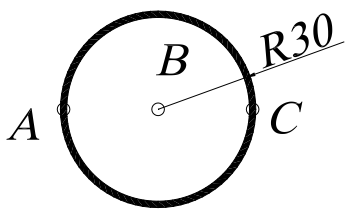


Построить окружность командой полилиния *№ 8*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CE задать центром
Specify center point of arc: 120, 50 точка B
Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: @150, 0 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: CL замкнуть

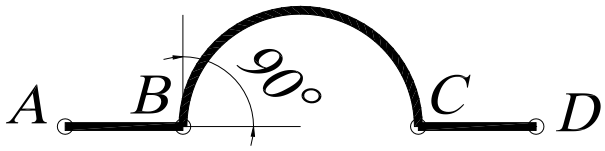


Построить полилинию с помощью направления	*№ 9*



PLine Падающее меню ***Draw*** → ***Polyline***

Specify start point: 90,50 начальная точка A
Current line-width is 0.0000 (ширина полилинии по умолчанию)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: w ширина полилинии
Specify starting width <0.0000>: 2 стартовая ширина
Specify ending width <0.0000>: 2 конечная ширина
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 120 ,50 точка B
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: Arc режим дуг
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/…/Second pt/Undo/Width]: Dir задать направлением
Specify the tangent direction for the start point of arc: 90 направление от точки A
Specify endpoint of the arc:180, 50 точка C
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: Line режим линий
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: 210 ,50 точка D
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/…/Second pt/Undo/Width]: Enter



12.2.4. СПЛАЙН



Команда ***Spline*** (Сплайн) – построение сплайна – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Spline*** (Сплайн) или щелчком мыши по пиктограмме ***Spline*** (Сплайн) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Система ***AutoCAD*** вычерчивает неоднородные рациональные B-сплайны (NURBS-кривые). Сплайны могут быть как двумерными, так и трёхмерными объектами, которые строятся на основе некоторого множества точек.

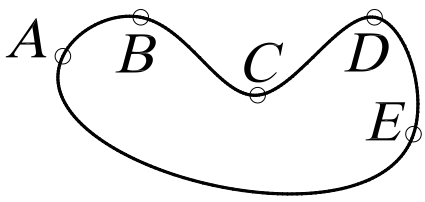
Выполнить упражнение № 10.

Построить сплайн	*№ 10*



Spline Падающее меню ***Draw*** → ***Spline***

Specify first point or [Object]: 90,50 начальная точка A
Specify start point: 110,60 точка B
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 140,40 точка C
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 170,60 точка D
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: 180,30 точка E
Specify next point or [Close/Fit tolerance]<start tangent>: Close замкнуть
Specify tangent: Enter



Замечания:

1. Выбор параметра Object в первом основном запросе системы позволяет преобразовать существующие сглаженные сплайном полилинии в правильный сплайн. После ввода этого параметра следует указать существующую полилинию, сглаженную сплайном.
2. Сплайн обрабатывается системой как единый объект.
3. Толщина линии не задается и соответствует толщине, установленной для текущего слоя.
4. Параметр Close можно использовать, если предварительно вычерчено не менее двух сегментов.
5. Параметр Fit tolerance используется, если необходимо задать, насколько близко к введенным точкам должен проходить сплайн. Величина допуска сглаживания выражается в единицах измерения текущего чертежа. По умолчанию принято значение допуска 0, при котором сплайн проходит точно по данным точкам.
6. Параметр <start tangent> (определить касательную к сплайну) задается по умолчанию (скобки вида < > определяют параметр по умолчанию). Для выбора принятого по умолчанию направления касательной следует нажать клавишу Enter или, перемещая точку с помощью курсора, определяющую направление касательной, задать форму кривой.

12.3. ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

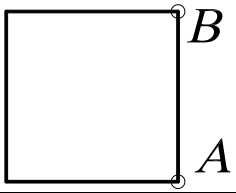
12.3.1. МНОГОУГОЛЬНИК

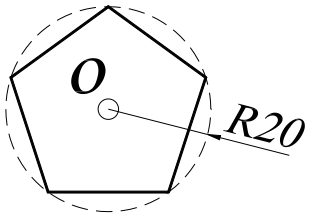


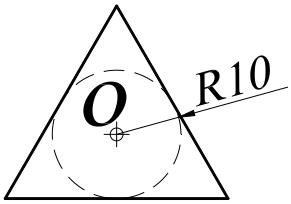
– Команда ***Poligon*** (Многоугольник) – построение правильного многоугольника с числом сторон от 3 до 1024 – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Poligon*** (Многоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Poligon*** (Многоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

- ***Edge*** (Сторона) – задание длины одной стороны;
- ***Inscribed in circle*** (Вписанный в окружность) – определяет способ построения многоугольника
- ***Circumscribed about circle*** (Описанный вокруг окружности) – определяет способ построения многоугольника как описанного вокруг некоторой окружности (как вписанного в некоторую окружность);

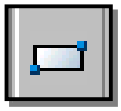
Выполнить упражнения № 11, 12, 13.

Построить многоугольник по известной стороне		***№ 11***
 ***Polygon***	Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon***	
	Enter number of side <4>: 4	количество сторон
	Specify center of polygon or [Edge]: E	задать стороной
	Specify first endpoint of edge: 90, 50	точка A
	Specify second endpoint of edge: 90, 100	точка B
		

Построить многоугольник, вписанный в окружность	*№ 12*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 5 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: i вписанный многоугольник в окружность Specify radius of circle: 20 радиус окружности	
	

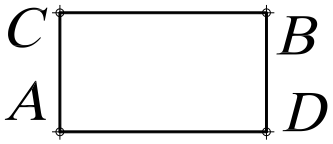
Построить многоугольник, описанный вокруг окружности	*№ 13*
 ***Polygon*** Падающее меню ***Draw*** → ***Polygon*** Enter number of side <4>: 3 количество сторон Specify center of polygon or [Edge]: 100,100 центр окружности O Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle] <I>: c описанный многоугольник вокруг окружности Specify radius of circle: 10 радиус окружности	
	

12.3.2. ПРЯМОУГОЛЬНИК



Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) – построение прямоугольника – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Rectangle*** (Прямоугольник) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rectangle*** (Прямоугольник) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Прямоугольник строится по двум любым диагональным точкам.

Выполнить упражнение № 14.

Построить прямоугольник	*№ 14*
 ***Rectangle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle*** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A (или точку C) Specify other corner point: указать точку B (или точку D)	
	

Опции команды ***Rectangle*** (Прямоугольник):

- ***Chamfer*** (Фаска) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определёнными фасками;
- ***Fillet*** (Сопряжение) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённым радиусом сопряжения углов;
- ***Width*** (Толщина) используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии.

Во всех случаях система предлагает параметры по умолчанию, которые проставлены в скобках <…>.

Выполнить упражнения № 15, 16.

Построить прямоугольник с фасками ***№ 15***



Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

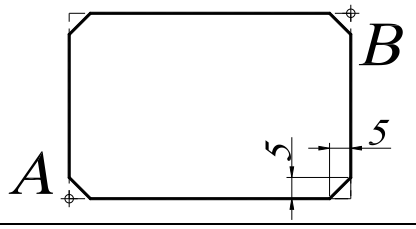
Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: c — задать фаски

Specify first chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — первый размер фаски

Specify second chamfer distance for rectangles <0.0000>: 5 — второй размер фаски

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Построить прямоугольник с сопряжением углов ***№ 16***



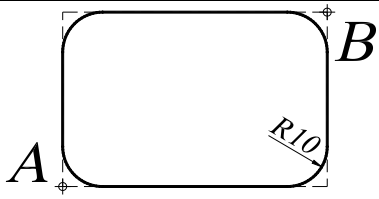
Rectangle Падающее меню ***Draw*** → ***Rectangle***

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: f — задать радиус сопряжения

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: 5 — размер радиуса сопряжения

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку A

Specify other corner point: указать точку B



Замечания:

1. Команда ***Rectangle*** (Прямоугольник) формирует полилинию, поэтому прямоугольник можно рассматривать как единый объект.
2. Параметр Width используется, если необходимо вычертить прямоугольник с заранее определённой толщиной линии. Если задать значение толщины, равное нулю, то линия вычерчивается с толщиной, установленной для текущего слоя.
3. Использование параметров Elevation, Thickness, Width позволяет создать трёхмерный объект (параллелепипед с прямоугольником в основании).

12.4. ПОСТРОЕНИЕ ОКРУЖНОСТЕЙ, ЭЛЛИПСОВ И ИХ ДУГ

12.4.1. ОКРУЖНОСТЬ



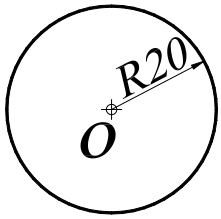
– Команда ***Circle*** (Круг) – построение окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Circle*** (Круг) или щелчком мыши по пиктограмме ***Circle*** (Круг) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Окружности можно строить различными способами. По умолчанию построение выполняется путём задания центра и радиуса.

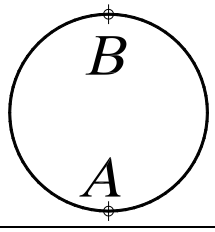
Опции команды ***Circle*** (Круг):

- ***3P*** (3Т) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
- ***2P*** (2Т) – по двум точкам, лежащим на диаметре;
- ***Ttr*** (ККР) – по двум касательным и радиусу;
- ***Tan Tan Tan*** (Кас Кас Кас) – окружность, касающаяся трёх объектов. В этом случае система автоматически включает режим объектной привязки Tangent (см. панель инструментов «Объектная привязка»).

При построении окружности, касательной к двум примитивам, необходимо указать графическим курсором на экране монитора приблизительную точку касания на заданных примитивах. Данный способ построения окружности предполагает её вычерчивание как касательной к двум отрезкам прямых, касательной к двум окружностям, касательной к отрезку и окружности.

Выполнить упражнения № 17 - 26 (для выполнения упражнений постройте примитивы, показанные штриховой линией).

Построить окружность по центру и радиусу	***№ 17***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 100,100 центр O Specify radius of circle or [Diameter]: 20 радиус окружности	
	

Построить окружность по двум точкам диаметра	***№ 18***
 ***Circle*** Падающее меню ***Draw*** → ***Circle*** Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B	
	

Построить окружность по трём точкам	*№ 19*



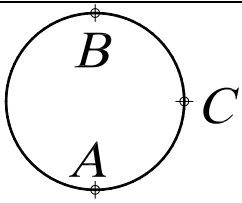
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first end point of circle's diameter: 100,50 точка A

Specify second end point of circle's diameter: 100,90 точка B

Specify third end point of circle's diameter: 120,70 точка C



Построить окружность, касательную двум примитивам	*№ 20*



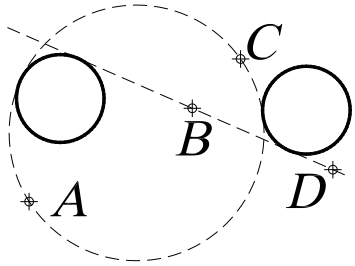
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность, касательную к прямой	*№ 21*



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

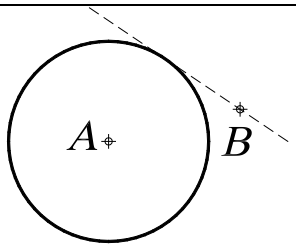
Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]:

указать центр окружности A

Specify radius of circle or [Diameter]:_ tan to щелкнуть мышью по пик-тограмме панели объектной привязки Tangent и



указать на точку B



Построить окружность, касательную двум окружностям ***№ 22***



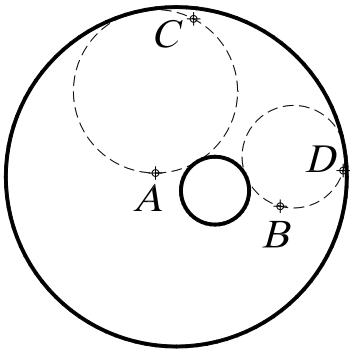
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: TTR

Specify point on object for first tangent of circle:указать на окружность A (или C)

Specify point on object for second tangent of circle: указать на линию B (или D)

Specify radius of circle: 10 радиус окружности



Построить окружность по двум точкам диаметра, лежащим на концах отрезка ***№ 23***

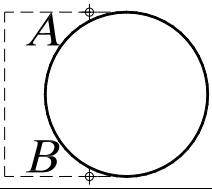


Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 2P

Specify first end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку A

Specify second end point of circle's diameter: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки ENDpoint  и указать графическим курсором на точку B



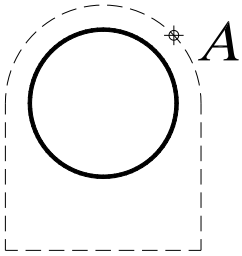
Построить концентрическую окружность ***№ 24***



Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки CENter  и указать графическим курсором на точку A

Specify radius of circle or [Diameter]: 15 радиус окружности



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 25***



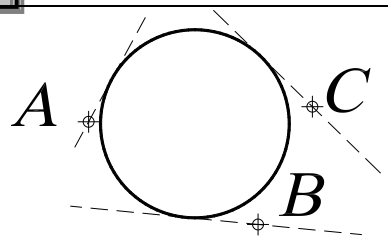
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



Построить окружность, касательную к трём примитивам ***№ 26***



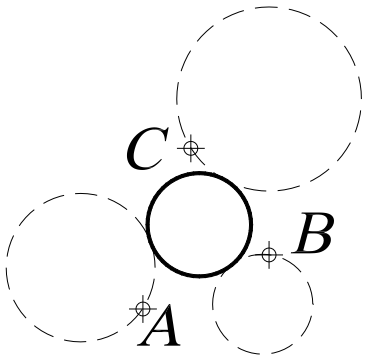
Circle Падающее меню ***Draw*** → ***Circle***

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius]: 3P

Specify first point on circle: _ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку A

Specify second point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки  Tangent и указать графическим курсором на точку B

Specify third point on circle:_ tan to щелкнуть мышью по пиктограмме панели объектной привязки Tangent  и указать графическим курсором на точку C



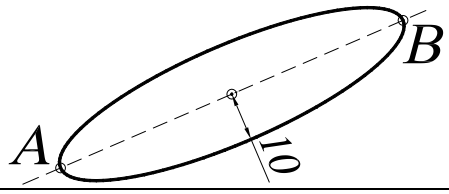
12.4.2. ЭЛЛИПС

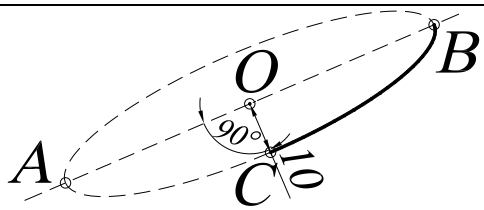


– Команда ***Ellipse*** (Эллипс) – построение эллипса – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Ellipse*** (Эллипс) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ellipse*** (Эллипс) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Эллипсы можно строить различными способами. По умолчанию строится путём указания начала и конца первой оси эллипса, а также половины второй оси.

- ***Center*** (Центр) – построение эллипса по точке его центра и двум конечным точкам его осей;
- ***Arc*** **(**Дуга**) –** режим построения эллиптических дуг. По умолчанию эллиптические дуги, как и эллипсы, строятся путём указания конечных точек первой оси и половины длины второй. После этого задаются начальный и конечный углы. За начало отсчёта углов эллиптической дуги принимается большая ось эллипса. Если начальный и конечный углы совпадают, строится полный эллипс. Вместо задания конечного угла можно указать центральный угол дуги, измеренный от начальной точки.

Выполнить упражнения №27, 28

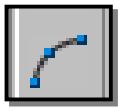
Построить эллипс по двум осям	***№ 27***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis [Rotation]: 10 длина половины оси	
	

Построить эллиптическую дугу	***№ 28***
 ***Ellipse*** Падающее меню ***Draw*** → ***Ellipse*** Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: A режим построения дуг Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: 130, 170 точка A Specify other endpoint of axis: 200, 200 точка B Specify distance to other axis or [Rotation]: 10 длина половины оси Specify start angle or [Parameter]: 90 угол AOC Specify end angle or [Parameter/ Included angle]: 180 угол AOB	
	



Для построения эллиптической дуги можно использовать команду - ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Elliptical arc*** (Эллиптическая дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

12.4.3. ДУГА ОКРУЖНОСТИ



– Команда ***Arc*** (Дуга) – построение дуги окружности – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Arc*** (Дуга) или щелчком мыши по пиктограмме ***Arc*** (Дуга) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Дуги строятся различными способами, однако по умолчанию построение производится по трём точкам – начальной, промежуточной и конечной.

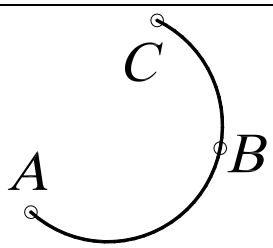
Опции команды ***Arc*** (Дуга):

- ***Center*** (Центр) – точка центра дуги;
- ***End*** (Конец) – конечная точка дуги;
- ***Angle*** (Угол) – величина угла;
- ***Chord Length*** (**Длина хорды**) – длина хорды;
- ***Direction*** (Направление) – направление касательной;
- ***Radius*** (Радиус) – радиус дуги.

Существует несколько способов построения дуги окружности по следующим трём параметрам:

1) ***3 Point*** (3 точки) – по трём точкам, не принадлежащим одной прямой;
2) ***St, C, End*** (Н, Ц, К) – по стартовой точке, центру и конечной точке дуги (положительным считается направление против часовой стрелки);
3) ***St, C, Ang*** (Н, Ц, Угол) – по стартовой точке, центру и углу;
4) ***St, C, Len*** (Н, Ц, Длин) – по стартовой точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше 180^0). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, будет построена большая дуга;
5) ***St, E, Ang*** (Н, К, Угол) – по стартовой точке, конечной точке и углу;
6) ***St, E, Dir*** (Н, К, Напр) – по стартовой точке, конечной точке и направлению – углу наклона касательной из начальной точки;
7) ***St, E, Rad*** (Н, К, Рад) – по стартовой точке, конечной точке и радиусу. Меньшая дуга строится против часовой стрелки;
8) ***Ce, S, End*** (Ц, Н, К) – построение дуги по центру, стартовой и конечной точке;
9) ***Ce, S, Ang*** (Ц, Н, Угол) – построение дуги по центру, стартовой точке и углу;
10) ***Ce, S, Len*** (Ц, Н, Длин) – построение дуги по центру, стартовой точке и длине хорды;
11) ***ArcCont*** (ПродДуг) – построение дуги как продолжение отрезка или дуги.

Выполнить упражнения № 29 – 33.

Построить дугу по трём точкам	***№ 29***
 ***Arc*** Падающее меню ***Draw*** → ***Arc (3 point)*** Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A Specify second point of arc or [Center/End]: 130, 260 точка B Specify start point of arc: 120,280 точка C	
	

Построить дугу по начальной точке, центру и величине угла	*№ 30*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Ang)***

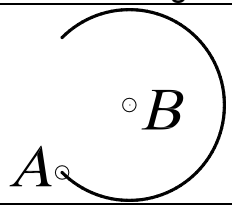
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 110, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify included angle: 270 угол



AutoCAD всегда проводит дугу от начальной точки в направлении против часовой стрелки. Две дуги, построенные одним и тем же способом, могут совершенно отличаться друг от друга. В следующих упражнениях показаны различия в построении одних и тех же дуг, но с противоположным значением длины хорды, размера радиуса. Необходимо помнить, что положительным считается направление против часовой стрелки.

Построить дугу по начальной точке, центру и длине хорды	*№ 31*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,C,Len)***

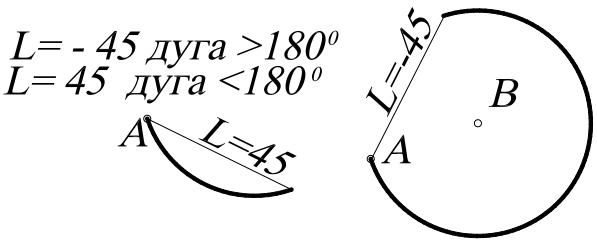
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: c

Specify center point of arc: 130, 260 точка B

Specify end point of arc or [Angle/ chord Length]: a

Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: - 45 длина хорды



Построить дугу по двум точкам и радиусу	*№ 32*

Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Rad)***

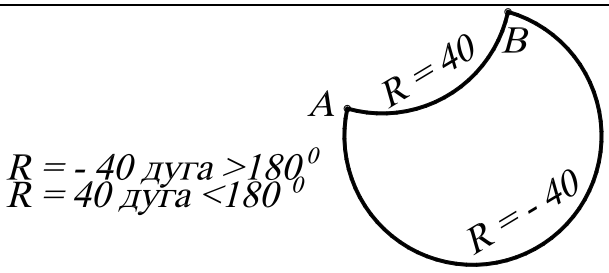
Specify start point of arc or [Center]: 100, 250 точка A

Specify second point of arc or [Center/End]: e

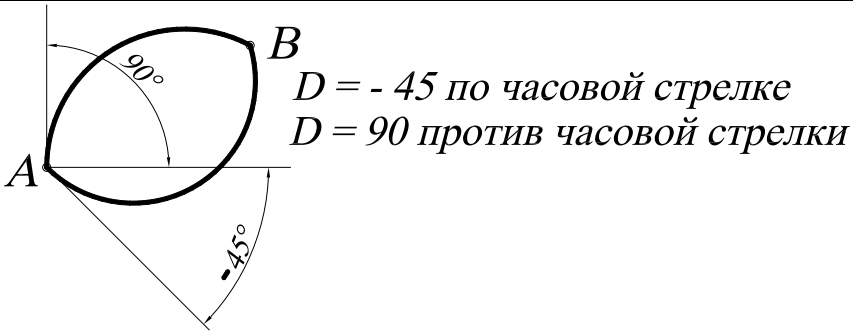
Specify end point of arc:150,280 конечная точка B

Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: r

Specify radius of arc: -40



Построить дугу по двум точкам и касательной	*№ 33*
Arc Падающее меню ***Draw → Arc (St,E,Dir)***	
Specify start point of arc or [Center]: 80,420	точка A
Specify second point of arc or [Center/End]: e	
Specify end point of arc: 130,450	точка B
Specify center point of arc or [Angle/Direction/Radius]: d	
Specify tangent direction for the start point of arc: -45	направление



13. ТЕКСТОВЫЕ СТИЛИ

При нанесении надписи в ***AutoCAD*** используется некоторый текстовый стиль, который задает высоту, угол поворота, ориентацию и др. В одном рисунке можно создавать и использовать несколько текстовых стилей.

Все текстовые стили, кроме STANDART, пользователь создает по своему желанию. Создание текста и команды его регенерации производятся в диалоговом окне ***Text Style*** (Текстовые стили) (рис. 35), вызываемом из падающего меню ***Format*** (Формат) → ***Text Style*** (Текстовые стили).

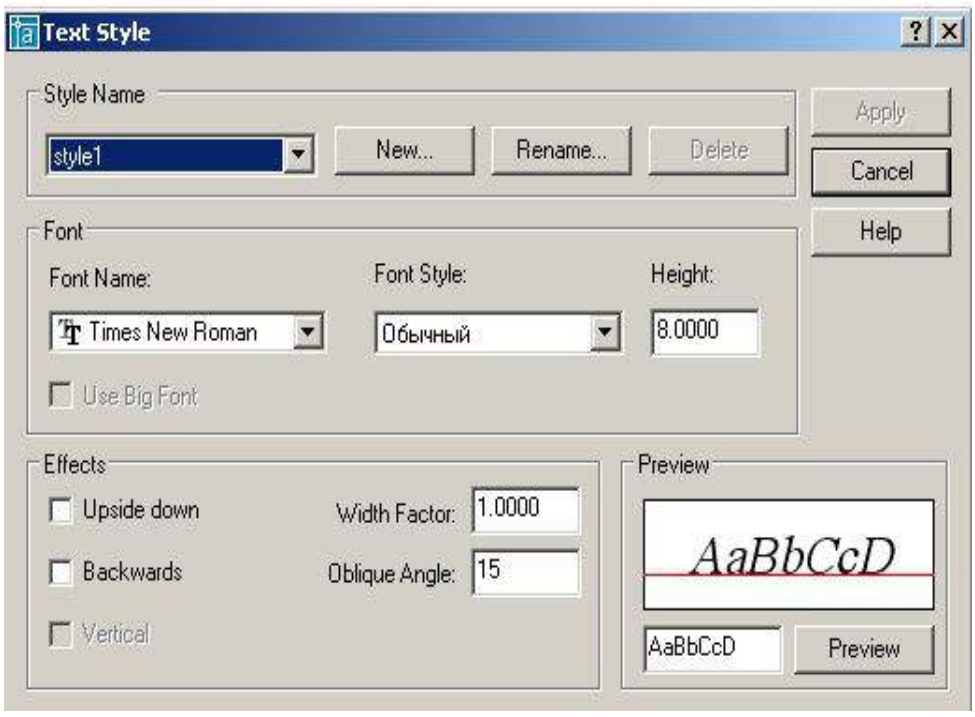


Рис. 35.

Для создания нового стиля необходимо щелкнуть мышью по кнопке ***New*** (Новый), при этом открывается диалоговое окно ***New Text Style*** (Новый текстовый стиль), в котором задается имя создаваемого стиля. Новому стилю присваиваются значения параметров, заданные первоначально в окне ***Text Style*** (**Текстовые стили**), которые, как правило, нуждаются в изменении.

В области ***Font*** (Шрифт) в раскрывающемся списке поля ***Font Name***: (Имя шрифта:) следует выбрать подходящий шрифт, например Times New Roman. Сделанные изменения для нового шрифта иллюстрируются в поле ***Preview*** (Образец).

Высота текста задается в поле ***Height:*** (Высота:) и определяет размер знаков используемого шрифта. Если в процессе описания стиля текста задана фиксированная высота текста, при создании однострочных надписей запрос ***Height:*** (Высота:) не выводится. При необходимости нанесения надписей разной высоты с использованием одного и того же текстового стиля следует при его создании указать высоту, равную 0.

Угол наклона текста задается в поле ***Oblique Angle*** (Угол наклона). Угол наклона текста задается от вертикальной линии по часовой стрелке.

13.1. ОДНОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Надписи на чертежах могут представлять собой сложные спецификации, элементы основной надписи, заголовки и т. п. Небольшие надписи, не требующие внутреннего форматирования, создаются в виде однострочных текстов при помощи команды ***TEXT*** (**ТЕКСТ**). Однострочные тексты удобно применять для заголовков.



– Команда ***TEXT*** (Текст) – формирование текста – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***TEXT*** (Текст) → ***Single Line Text*** (Однострочный) или щелчком мыши по пиктограмме ***TEXT*** (Текст) одноимённой панели инструментов.

Однострочный текст формируется по следующим опциям команды:

- ***Style*** (**Стиль**) – установление нового текстового стиля, путем выбора его из имеющихся стилей;
- ***Justify*** (**Выравнивание**) – выравнивание текстовой строки с использованием ключей выравнивания:

1. ***Align***, ***Fit*** – формируют вписанный текст между двумя введёнными точками:



– ***Align*** – высота и ширина каждого символа вычисляется автоматически;



– ***Fit –AutoCAD*** запрашивает высоту шрифта и автоматически подбирает ширину символа;

2.***Center***, ***Middle*** – центрирует текст относительно введенной точки:



– ***Center*** – центрирование текста по горизонтали;

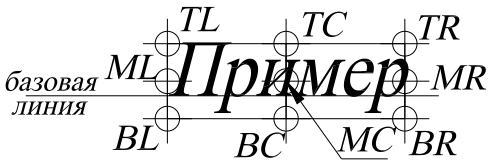


– ***Middle*** – центрирование текста по горизонтали и по вертикали;

3.***Right*** – выравнивание текста по правому краю:



4. Выравнивание текста относительно указанной точки, обозначаемой следующими символами – ***TL***, ***TC***, ***TR***, ***ML***, ***MC***, ***MR***, ***BL***, ***BC***, ***BR***, аббревиатуры слов:
T – ***Top*** (верхний), ***M*** – ***Middle*** (средний), ***B*** – ***Bottom*** (нижний), ***L*** – ***Left*** (левый), ***C***-***Center*** (центр), ***R*** – ***Right*** (правый).



Выполнить упражнения № 34 – 40.

Сформировать однострочный текст	***№ 34***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
Current text style:  "Standard"  Text height:  8.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: 100,500     начальная точка 1
                Specify height <8.0000>: 20                 высота текста
          Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                                Enter text: пример          формируемая надпись
                                Enter text: выполнения      формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

1 пример
выполнения

Для продолжения многострочных текстов команду ***Text*** повторяют обычным, принятым в системе способом, а затем на первый запрос отвечают нажатием клавиши ENTER. Тогда новая строка текста разместится под последней строкой вычерченного перед этим текста и будет иметь тот же текстовый стиль, высоту и угол поворота (см. упражнение 34).

Сформировать однострочный вписанный текст	***№ 35***

TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

```
                                Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
          Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Align            вписанный
       Specify first endpoint of text baseline: 150,490                      точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 240,490                            точка 2
                                Enter text: пример                  формируемая надпись
                                Enter text: вписанного текста       формируемая надпись
                                Enter text: <ENTER>
```

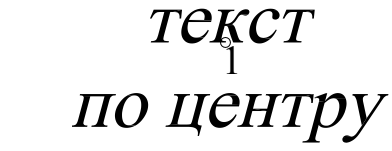
1 *пример* 2
вписанного текста

Сформировать текст, выровненный по центру	*№ 36*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
                    Current text style:  "style2"  Text height:  15.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Center     по центру
                  Specify center point of text: 60,530                точка 1
                    Specify height <15.0000>: 10                      высота символа
                    Specify rotation angle of text <0>: 0             угол поворота строки
                    Enter text: текст                                 формируемая надпись
                    Enter text:  по центру                            формируемая надпись
                    Enter text: <ENTER>
```



Первоначальное представление строки текста на экране дисплея не зависит от выбора параметра. Текст модифицируется в соответствии с указанным параметром в момент окончания работы команды.

Сформировать текст, выровненный по ширине	*№ 37*



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text***→ ***Single Line Text***

```
 Current text style:  "style2"  Text height:  10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus                выровненный
Enter an option
 [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Fit     по ширине
Specify first endpoint of text baseline: 10,610                    точка 1
Specify second endpoint of text baseline: 70,610                   точка 2
Specify height <10.0000>: 10                                       высота символа
Enter text: Текст,                                                 формируемая надпись
Enter text: выровненный по ширине                                  формируемая надпись
Enter text: <ENTER>
```



Сформировать текст, выровненный по средней точке **№ 38**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Middle
— по средней точке
Specify middle point of text: 170,620 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота
Enter text: **Надпись,** — формируемая надпись
Enter text: **выровненная по средней точке** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Надпись,
выровненная по средней точке

Сформировать текст, выровненный вправо **№ 39**



TEXT Падающее меню ***Draw*** → ***Text*** → ***Single Line Text***

Current text style: "style2" Text height: 10.0000
Specify start point of text or [Justify/Style]: Jus — выровненный
Enter an option
[Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]: Right — вправо
Specify right endpoint of text baseline: 240,680 — точка 1
Specify height <10.0000>: 10 — высота символа
Specify rotation angle of text <0>: 0 — угол поворота строки
Enter text: **Текст**, — формируемая надпись
Enter text: **выровненный вправо** — формируемая надпись
Enter text: <ENTER>

Текст,
выровненный вправо

Создать новый наклонный стиль **№ 40**

Падающее меню ***Format*** → ***Text Style***
В диалоговом окне ***Text Style*** выбрать кнопку *New* (Новый)
В поле Style Name: указать новое любое имя стиля
В раскрывающемся списке названий шрифтов ***Font Name:*** выбрать arial
В поле Oblique Angle: (Угол наклона:) указать 10 градусов
В поле Height: (Высота:) указать 0
Используя команду  ***TEXT*** написать свое имя, фамилию

решение
новых вопросов

Использование специальных символов в однострочном тексте осуществляется с помощью управляющих кодов, которые вводятся в командную строку непосредственно перед вводом текста:

- %%o – включает или выключает режим надчеркивания символов;
- %%u - включает или выключает режим подчеркивания символов;
- %%d – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «градус» (°);
- %%p – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «плюс-минус» (±);
- %%c – размещает в соответствующей позиции строки текста символ «диаметр окружности» (∅).

13.2. МНОГОСТРОЧНЫЙ ТЕКСТ

Многострочный текст используется для нанесения многострочных текстов на чертежах.



– Команда ***MTEXT*** (**МТЕКСТ**) – формирование многострочного текста - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Text*** (Текст) → ***Multiline Text*** (Многострочный текст) или щелчком мыши по пиктограмме ***Multiline Text*** (Многострочный текст) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

В ответ на команду система выдает в первой строке сообщение, а затем запрос: Current text style: "Standard" Text height: 8 (Текущий текстовый стиль).

Specify first corner: (Задайте первый угол:). Задать координаты первой точки рамки текстового окна (с помощью клавиатуры или графическим курсором).

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line spacing/Rotation/Style/Width]: (Задайте противоположный угол или…)

- ***Height*** используется, если необходимо изменить высоту символов многострочного текста;
- ***Justify*** используется, если необходимо изменить способ выравнивания многострочного текста;
- ***Line spacing*** используется, если необходимо изменить расстояния между строками в текстовом окне;
- ***Rotation*** используется, если необходимо изменить угол поворота рамки текстового окна;
- ***Style*** используется, если необходимо изменить текстовый стиль;
- ***Width*** используется, если необходимо задать ширину рамки текстового окна.

После указания размеров абзаца загружается диалоговое окно ***Text Formatting*** (Форматирование текста) (рис. 36), которое содержит средства форматирования символов текста:

- Font – раскрывающийся список выбора шрифтов;
- Font Height – раскрывающийся список ввода высоты шрифта;
- Bold – кнопка установки полужирного начертания символов;
- Italic – кнопка начертания символа курсивом;
- Underline – кнопка установки начертания символа с подчеркиванием;
- Undo – кнопка отмены;
- Stack/Unstack – кнопка установки начертания дробей в одну или две строки;
- Text Color – раскрывающийся список выбора цвета символа.

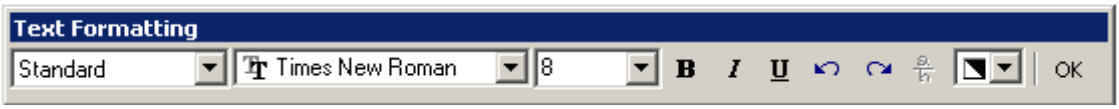


Рис. 36.

14. БЛОК

Пакет ***AutoCAD*** предоставляет пользователю различные способы работы с данными в чертежах. В том случае, когда часто встречается одна и та же группа объектов (крепежные изделия, подшипники, уплотнения и т. п.), целесообразно использовать блоки. *Блоки* – это именованные объекты, состоящие из любого количества примитивов системы ***AutoCAD***. Блоки можно вставлять в рисунок с масштабирование и поворотом, расчленять на составляющие объекты и редактировать. Блок может включать в себя другие блоки. При создании блока задается базовая точка и выбираются объекты, входящие в блок.

Возможны два типа блоков: *локальные* и *автономные*. Локальные блоки входят в состав того чертежа, в котором они были созданы, и не могут быть перенесены в другой чертеж. Автономные блоки хранятся в виде отдельного файла чертежа и могут быть использованы в других чертежах.

С каждым блоком можно связать *атрибуты*, то есть текстовую информацию для хранения вместе с блоком, которую допускается редактировать в процессе вставки блока. Распространенный пример использования атрибутов – заполнение основной надписи чертежа.

14.1. СОЗДАНИЕ БЛОКОВ



– Команда ***Block*** (Блок) – создание локального блока из объектов текущего чертежа - вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Block*** (Блок) → ***Make*** (Создать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Make Block*** (Создать блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). Команда раскрывает диалоговое окно ***Block Definition*** (Описание блока), представленное на рис. 37.



Рис. 37.

При создании блока в диалоговом окне ***Block Definition*** (Описание блока) следует:

- в поле ***Name:*** (Имя:) ввести имя создаваемого блока;
- в области ***Objects*** (Объекты) нажать кнопку ***Select objects*** (Выбрать объекты) и выбрать объекты на экране монитора, подлежащие включению в блок. При этом диалоговое окно временно закрывается. Затем следует нажать клавишу ***Enter*** после окончания выбора объектов и диалоговое окно снова откроется;
- в области ***Base point*** (Базовая точка) задать координаты базовой точки вставки или нажать на кнопку ***Pick point*** (Указать) для выбора базовой точки. После щелчка по этой кнопке диалоговое окно временно закрывается, и пользователь имеет возможность указать базовую точку на изображении блока;
- в поле ***Description*** (Пояснение) ввести текстовые пояснения для облегчения идентификации и поиска блока в дальнейшем;
- кнопка ***Hyperlink*** позволяет включить в описание создаваемого объекта гиперсвязь.

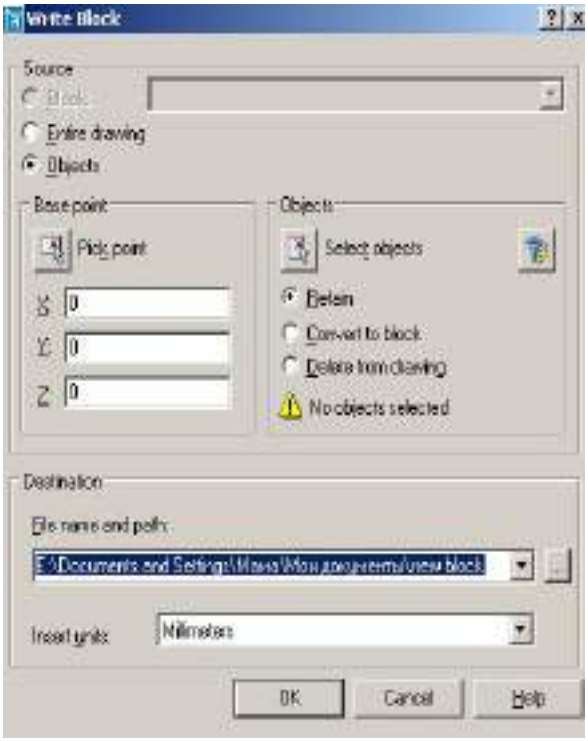
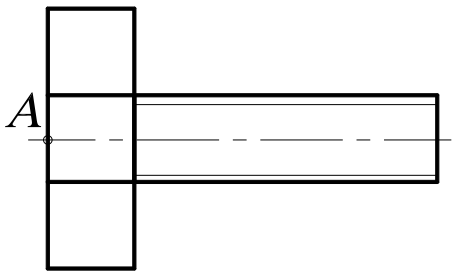


Рис. 38.

Для создания автономных блоков применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК), которая вызывается через командную строку: ***WBLOCK*** (***W***). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Write Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 38, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном чертеже.

Выполнить упражнение № 41 (для выполнения упражнения создайте чертёж, показанный в данном упражнении).

Создать локальный блок	***№ 41***
Block Падающее меню ***Draw*** → ***Block*** → ***Make*** В диалоговом окне ***Block Definition*** в поле Name: ввести произвольное имя создаваемого блока, например, BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***Pick point***. Specify insertion base point: указать точку A Щелкнуть мышью по кнопке ***Select objects*** Select objects: выбрать весь объект рамкой. Select objects: <ENTER> Щелкнуть мышью по кнопке OK.	
	

14.2. ВСТАВКА БЛОКА

– Команда ***Insert*** (Вставить) – служит для вставки ранее созданного блока или чертежа из файла в текущий чертёж. Вызывается из падающего меню ***Insert*** (Вставить) → ***Block*** (Блок) или щелчком мыши по пиктограмме ***Insert*** (Вставить) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать). В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Insert*** (Вставить), представленное на рис. 39.

Раскрывающийся список ***Name:*** (Имя:) позволяет выбрать для вставки в текущий чертёж существующий локальный блок. Чтобы вставить в текущий чертёж автономный блок,

нужно нажать кнопку ***Browse***, а затем выбрать необходимый файл. Информационное поле ***Path*** содержит путь к отобранному файлу автономного блока. Флажок ***Explode*** (Взорвать) разрешает системе при вставке блока расчленить его на исходные данные.

Диалоговое окно ***Insert*** (Вставить) содержит три основные панели.

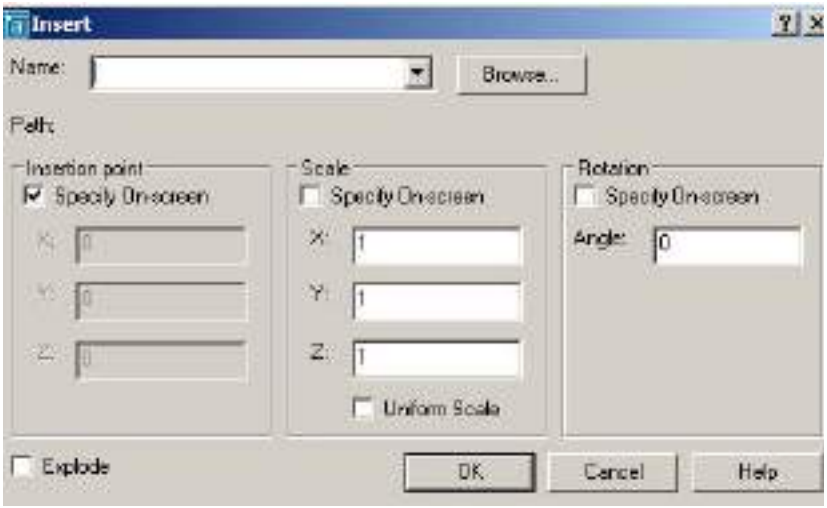


Рис. 39.

1. Панель ***Insertion point*** позволяет выбрать способ задания координат точки вставки блока (точки, с которой будет совмещена базовая точка, созданная при формировании блока): указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения координат точки вставки блока в текущей системе координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает указать нужную точку на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и пользователь имеет возможность указать точку вставки блока на чертеже.

2. Панель ***Scale*** (Масштаб) позволяет выбрать способ задания коэффициентов масштабирования при вставке блока: указание на чертеже или ввод числовых значений координат. Поля ввода **X**, **Y**, **Z** позволяют задать числовые значения масштабирования при вставке блока по осям координат.

Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать значения коэффициентов масштабирования на чертеже.

Флажок ***Uniform Scale*** устанавливает по осям координат одинаковые значения коэффициентов масштабирования.

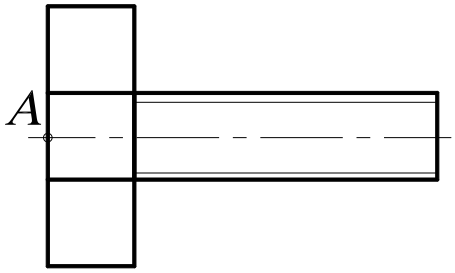
3. Панель ***Rotation*** позволяет выбрать способ задания при вставке блока угла поворота относительно номинального его положения: указание на чертеже или ввод числового значения. Панель содержит кнопку-переключатель и поле ввода числового значения угла поворота. Поле ввода ***Angle*** позволяют задать числовые значения угла поворота при вставке блока. Флажок ***Specify On-screen*** разрешает задать числовые значения угла поворота на чертеже. После щелчка по кнопке ОК диалоговое окно временно закрывается и дальнейший диалог осуществляется в командной строке. Выполнить упражнение № 42.

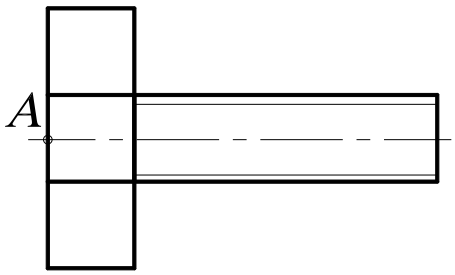

– Команда ***Explode*** (Взорвать) – расчленяет блок, размер, штриховку на отдельные составляющие объекты. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) или щелчком мыши по пиктограмме ***Explode*** (Взорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

При вставке блока в чертёж ***AutoCAD*** обрабатывает его как графический примитив, то есть единый объект, который нельзя изменять. Для обеспечения работы с отдельными составляющими блока его необходимо разбить или «взорвать». Это можно сделать и в момент вставки блока в чертёж, установив в диалоговом окне ***Insert*** (Вставить) флажок ***Explode*** (Взорвать).

Команда ***Explode*** (Взорвать) используется для расчленения объектов, созданных командой ***Region*** (Область) (см. далее в разделе «Создание замкнутых объектов»).

Выполнить упражнение № 43.

Вставить блок в чертёж	***№ 42***
 ***Insert*** Падающее меню ***Insert*** → ***Block*** В диалоговом окне ***Insert*** в поле Name: ввести имя вызываемого блока, которое можно указать из раскрывающегося списка, например: BOLT. Щелкнуть мышью по кнопке ***OK*** Specify insertion point or [Scale/X/Y/Z/Rotate/PScale/PX/PY/PZ/PRotate]: указать точку вставки блока	
	

Взорвать (расчленить) блок	***№ 43***
 ***Explode*** Падающее меню ***Modify*** → ***Explode*** Select objects: указать блок в любой точке контура, например, точка А Select objects: <ENTER>	
	

15. СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ОБЪЕКТОВ

Для построения некоторых объектов, например трёхмерных объектов методом выдавливания или вращения, могут быть использованы замкнутые полилинии либо области. Разница между этими двумя типами объектов состоит в том, что объект *полилиния* представляет собой именно замкнутую линию, а объект *область* – часть плоскости, ограниченную замкнутой линией. Поэтому последний объект может характеризоваться массогабаритными параметрами вроде веса, положения центра тяжести, площади и т. д.

Массогабаритные параметры области вычисляются с помощью команды MASSPROP, которая запускается из меню ***Tools*** (Инструменты)→ ***Inquiry*** (Запрос).

Если исходный контур состоит из нескольких объектов (отрезков, дуг, эллиптических дуг и т. п.), его можно превратить в единый объект, используя команду ***Region*** (Область).



– Команда ***Region*** (Область) – создаёт замкнутую область из набора существующих объектов – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Region*** (Область) или щелчком мыши по пиктограмме ***Region*** (Область) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

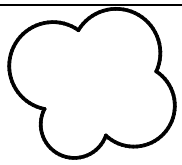
Выполнить упражнение № 44. Для выполнения этого упражнения вначале создайте произвольный объект, состоящий из нескольких элементов, например, из четырёх дуг, контур которых является замкнутым.

Создать замкнутую область	*№ 44*

Region Падающее меню ***Draw*** → ***Region***

Select objects: Specify opposite corner: 4 found выбрать графическим курсором все четыре дуги с помощью предполагаемой рамки, растягивая по диагонали.
Select objects: <ENTER>
Щелкните мышью на контур – создан единый объект

Разбейте данный объект на составляющие его четыре дуги с помощью команды *Explode*.



16. ШТРИХОВКА

– Команда ***Hatch*** (Штриховка) – выполнение штриховки замкнутой области – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Hatch*** (Штриховка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hatch*** (Штриховка) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать).

Команда ***Hatch*** (Штриховка) позволяет штриховать область, ограниченную замкнутой линией, как путём указания любой точки внутри контура, так и путём выбора объектов. Эта команда автоматически определяет контур и игнорирует любые целые примитивы и их составляющие, которые не являются частью контура. Текущим значением по умолчанию (в угловых скобках) может быть или имя одного из образцов штриховки, или по желанию пользователя (User). В первом случае в ответ на запрос системы необходимо указать имя одного из образцов, а во втором случае пользователь сообщает системе о намерении создать свой несложный топ штриховки, для чего отвечает символом ***U***.

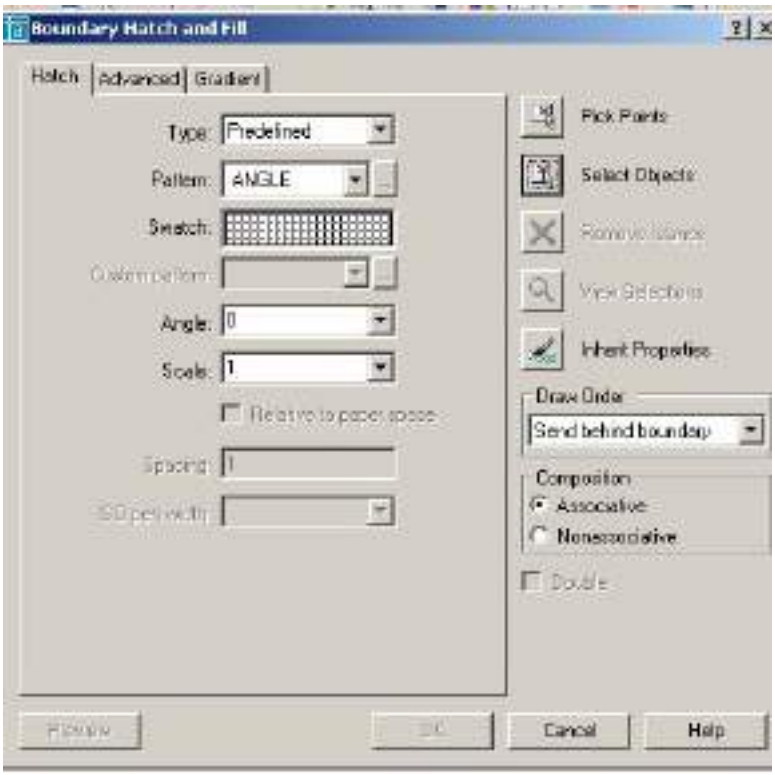


Рис. 40.

Обращение к команде ***Hatch*** (Штриховка) загружается диалоговое окно ***Boundary Hatch and Fill*** (Штриховка по контуру и заполнение), представленное на рис. 40.

1. Вкладка ***Hatch*** (Штриховка) позволяет выбирать образцы штриховки, которые имеются в области ***Pattern:*** (Образец:). Можно пользоваться как раскрывающимся списком, так и диалоговым окном ***Hatch Pattern Palette*** (Палитра образцов штриховки), содержащим пиктограммы с графическими образцами различных штриховок (рис. 41). Для выбора образца штриховки достаточно указать его изображение.

Для использования стандартных образцов штриховок необходимо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать

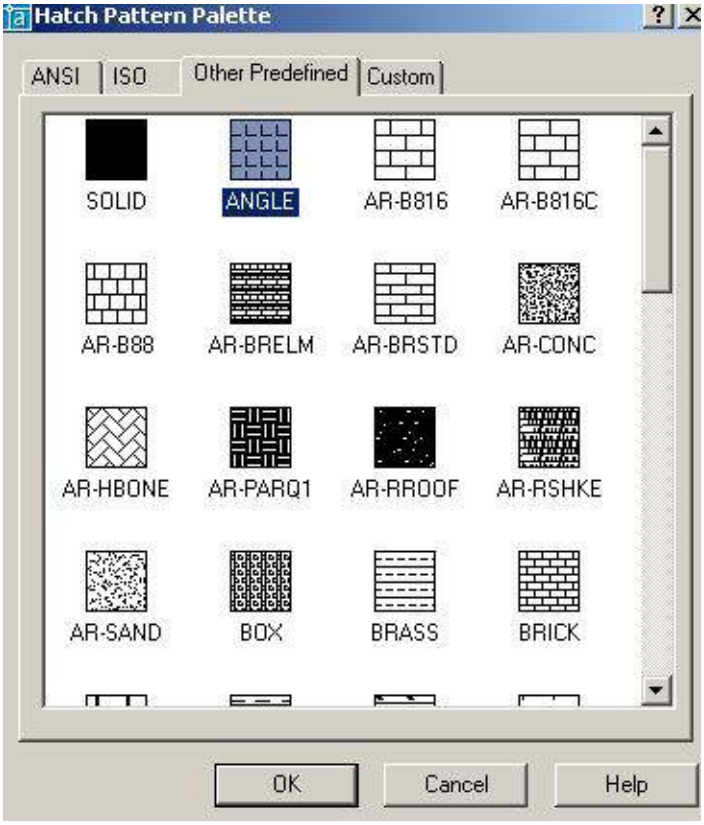


Рис. 41.

Predefined (Стандартный). Текстовые поля ***Scale:*** (Масштаб:) и ***Angle:*** (Угол:) позволяют задать масштабный коэффициент и угол наклона для выбранного образца штриховки.

Чтобы создать свой образец штриховки, надо в области ***Type:*** (Тип:) в раскрывающемся списке выбрать ***User defined*** (**Пользовательский**). При использовании типа штриховки ***Custom*** (По типу линии) следует задать угол наклона в поле ***Angle:*** (Угол:), расстояние между линиями штриховки в поле ***Spacing:*** (Интервал:), если необходимо включить флажок ***Double*** (Крест-накрест) для вычерчивания дополнительных линий под углом 90^0 к основным линиям штриховки.

Для автоматического определения контура штриховки необходимо указать кнопку ***Pick Points*** (Указание точек). Это возможно в том случае, если на чертеже создана замкнутая область.

При определении нескольких контуров штриховки необходимо выбрать несколько внутренних точек, после чего нажать клавишу Enter. Если ***AutoCAD*** определяет, что контур не замкнут или что точка находится вне контура, на экране появляется сообщение об ошибке в диалоговом окне ***Boundary Definition Error*** (Ошибка определения контура).

Для выбора объектов в качестве контура штриховки любым из стандартных способов выбора необходимо указать кнопку ***Select objects*** (Выбор объектов).



Рис. 42.

2. Вкладка ***Advanced*** (рис. 42) обеспечивает настройку параметров штриховки и содержит четыре панели.

Панель ***Island Direction Style*** содержит три кнопки выбора.

- ***Normal*** – устанавливает стиль штриховки, при котором режим штриховки изменяется при пересечении внутренних границ (используется по умолчанию).
- ***Outer*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка только внешней замкнутой области.
- ***Ignore*** – устанавливает стиль штриховки, при котором выполняется штриховка всей области внутри контура (внутренние границы игнорируются).

Панель ***Object Type*** содержит раскрывающийся список, который позволяет указать, в каком виде сохранять границу штриховки: как полилинию или как область. Кроме того, в этом поле размещена кнопка-переключатель ***Retain Boundaries*** – разрешает режим сохранения границ штриховки.

Панель ***Boundary Set*** – содержит раскрывающийся список, который определяет набор объектов для штрихуемой области.

Панель ***Island Direction Method*** – управляет методом поиска границ внутри выделенной области и содержит две кнопки выбора.

- ***Float*** – включать изолированные участки как граничные объекты.
- ***Ray Casting*** – исключать изолированные участки.

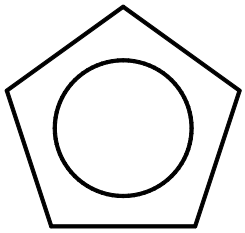
3. Вкладка ***Gradient*** позволяет заполнять замкнутые области градиентной заливкой. При этом можно выбирать угол заливки, количество цветов, центрировать.

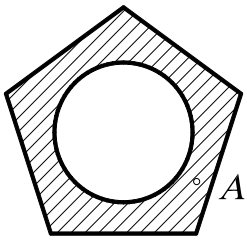
Выполнить упражнения № 45, 46. Для выполнения упражнений сначала создайте замкнутую область, показанную слева в этих упражнениях.

Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 45***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку ANSI.
В закладке ANSI выбрать шаблон ANSI31.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Pick Points, указать точку A внутри контура, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.



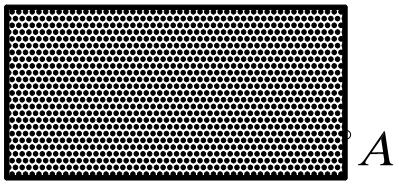


Выполнить штриховку замкнутой области ***№ 46***

Hatch Падающее меню ***Draw*** → ***Hatch***

В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill в поле Pattern: выбрать кнопку ….
В диалоговом окне Hatch Pattern Palette выбрать закладку Other Predefined.
В закладке Other Predefined выбрать шаблон DOTS.
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Scale: указать масштаб 1
В диалоговом окне Boundary Hatch в поле Angle: указать угол 0.
Выбрать Select Objects, указать точку A на контуре, <ENTER>.
В диалоговом окне Boundary Hatch and Fill нажать кнопку OK.





17. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Object Snap*
(Объектная привязка)

Объектная привязка (***Osnap***), панель которой показана на рис. 43, позволяет строить новые точки на чертеже, привязываясь к характерным точкам существующих объектов или относительно них, без необходимости знания её координат, а также для построения вспомогательных линий.



Рис. 43.

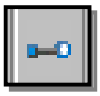


Рис. 44.

Перед применением этого способа необходимо настроить и включить режим ***Osnap***. Настройка осуществляется в диалоговом окне режимов черчения ***Drafting Settings*** (Настройки эскиза) выпадающего меню ***Tools*** (Инструменты), которое также может быть вызвано на экран командой ***OSNAP*** или нажатием правой кнопки мыши при указании на индикатор режима в строке состояния (рис. 44). В системе предусмотрена возможность временного отключения постоянного режима ***Osnap***, для чего достаточно щелкнуть на индикаторе ***Osnap*** в строке состояния.

Для одноразового использования какого-либо инструмента из набора объектных привязок в процессе выполнения команды используют контекстное меню, которое вызывают, удерживая клавишу ***SHIFT*** и нажимая правую кнопку мыши при нахождении графического курсора в рабочей зоне окна ***AutoCAD***.

Инструменты режима объектной привязки перечислены ниже:



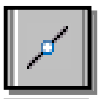
– ***Temporary Tracking Point*** (Точка отслеживания) – привязка к временной линии, проведённой через выбранную точку параллельно одной из осей координат;



– ***Snap From*** (Смещение) – привязка к точке, находящейся на заданном расстоянии от указанной точки (сначала выбирают любую точку, а затем вводят с клавиатуры расстояние или координаты точки, к которой нужна привязка);



– ***Snap to Endpoint*** (Привязка к конечной точке) – привязка к конечной точке линии, дуги, границы области, трёхмерного тела;



– ***Snap to Midpoint*** (Привязка к средней точке) – привязка к средним точкам объектов (отрезков, дуг и т. п.);



– ***Snap to Intersection*** (Привязка к пересечению) – привязка к точке пересечения двух объектов;



– ***Snap to Apparent Intersection*** (Привязка к предполагаемому пересечению) – привязка к воображаемой или предполагаемой точке пересечения линий или границ областей;



– ***Snap to Extension*** (Привязка к продолжению) - привязка к точке, лежащей на продолжении линии или дуги;



– ***Snap to Center*** (Привязка к центру) – привязка к центру окружности, дуги или эллипса (необходимо указывать на линию дуги или окружности или эллипса, а не на их центр);



– ***Snap to Quadrant*** (Привязка к квадранту) – привязка к ближайшему квадранту (точке, расположенной под углом 0^0, 90^0, 180^0 или 270^0 от центра) дуги, окружности или эллипса;



– ***Snap to Tangent*** (Привязка к касательной) – привязка к точке на дуге, окружности, эллипсе или сплайне, которая при соединении с последней точкой образует касательную к выбранному объекту;



– ***Snap to Perpendicular*** (Привязка к перпендикуляру) – привязка к точке на линии, окружности, эллипсе, сплайне или дуге, которая при соединении с последней точкой образует нормаль к выбранному объекту;



– ***Snap to Parallel*** (Привязка к параллели) – привязка объектов к точке на линии, которая при соединении с последней точкой образует линию, параллельную выбранному отрезку;



– ***Snap to Insert*** (Привязка к точке вставки) – привязка к точке вставки блока, формы, текста;



– ***Snap to Node*** (Привязка к узлу) – привязка к точке, сформированной командой ***Point*** (Точка);



– ***Snap to Nearest*** (Привязка к ближайшей) – привязка к произвольной точке примитива (на линии, дуге, окружности и др.), являющейся ближайшей к позиции перекрестия графического курсора;

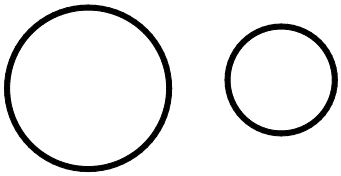
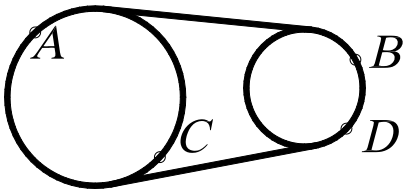


– ***None*** (Ничего) – этот режим отменяет на одну команду все текущие режимы объектных привязок;



– ***Object Snap Sitting*** (Установка объектных привязок) – установка режима объектной привязки.

Выполнить упражнения № 47, 48, 49, 50 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Построить касательные к окружностям	***№ 47***
 ***Line*** Падающее меню ***Draw → Line***	
Specify first point: объектная привязка tangent  указать A (или C)	
Specify next point or [Undo]: объектная привязка tangent  указать B (или D) Specify next point or [Undo]: <ENTER>.	
	

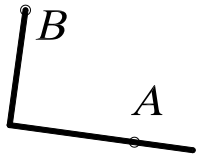
Восстановить перпендикуляр к концу отрезка	*№ 48*



Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: объектная привязка perpendicular  указать A
Specify next point or [Undo]: указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





Привязка к точке предполагаемого пересечения примитивов	*№ 49*

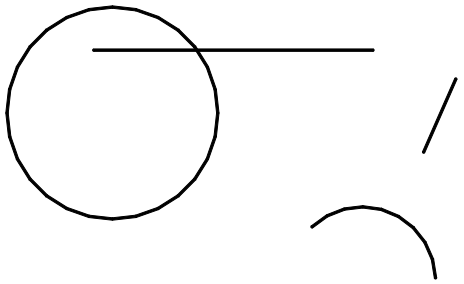


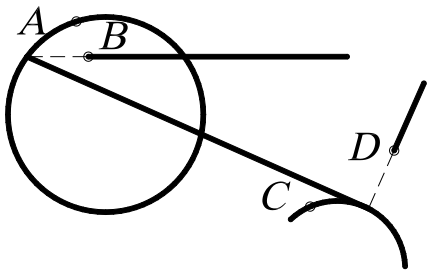
Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка Apparent Intersection  указать A, B

Specify next point or [Undo]: об. привязка Apparent Intersection  указать C, D

Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





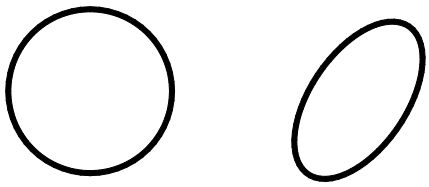
Привязка к центру окружности и эллипсу	*№ 50*

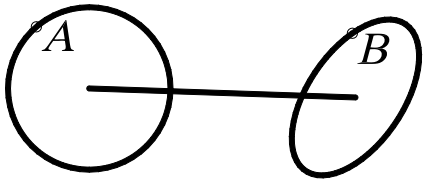


Line Падающее меню ***Draw → Line***

Specify first point: об. привязка  Center указать A

Specify next point or [Undo]: об. привязка  Center указать B
Specify next point or [Undo]: <ENTER>.





18. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Modify*
(Изменить или редактировать)

Ни один чертёж не удается выполнить без корректировки. Вносить изменения в чертёж приходится по различным причинам. Некоторые процедуры редактирования являются частью процесса построения чертежа, например, копирование объекта вместо его повторного вычерчивания. Другие операции приводят к изменению большого количества объектов, на-

пример перенос целого фрагмента чертежа, если необходимо освободить место в графическом поле для новых объектов. Часто возникает потребность в удалении каких-то фрагментов, переносе повороте или изменении масштаба. Каждой из этих операций в наборе команд ***AutoCAD*** соответствует отдельная команда или набор команд, которые вызываются с помощью панели инструментов ***Modify*** (рис. 45) или с помощью падающего меню ***Modify*** (Редактировать).

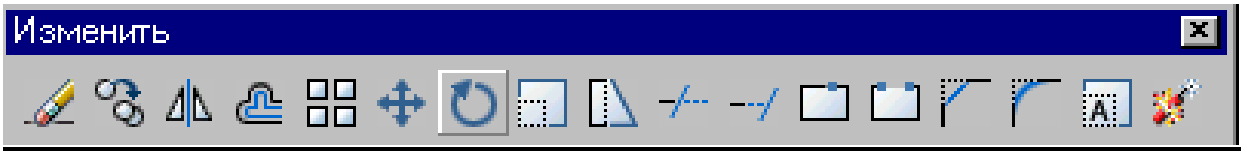


Рис. 45.

Для выполнения команд редактирования необходимо вначале выбрать эти объекты. Выбранная группа объектов называется *набором*, который состоит из одного или нескольких объектов. Набор объектов можно создавать как до, так и после вызова команды редактирования. Как только вызвана одна из команд редактирования, ***AutoCAD*** предлагает выбрать объекты. В командной строке появляется запрос ***Select objects:*** (Выберите объекты:). При этом перекрестье курсора заменяется прицелом выбора. Выбирать объекты можно с помощью предполагаемой рамки, с помощью курсора и др. Далее рассматриваются команды и примеры выполнения редактирования объектов. В примерах сначала создайте примитивы, показанные на рисунках слева, а затем редактируйте эти объекты.

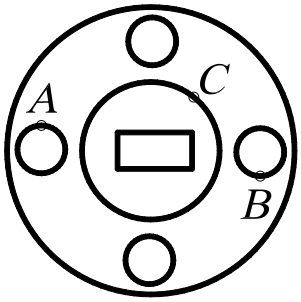
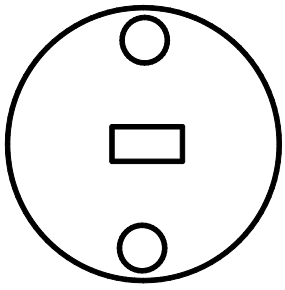
18.1. УДАЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



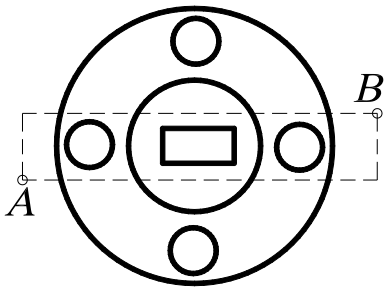
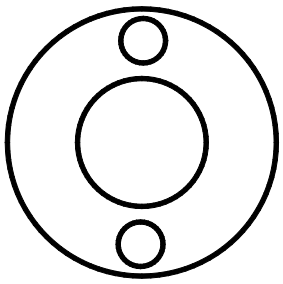
– Команда ***Erase*** (Стереть) – удаляет графический примитив и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Erase*** (Стереть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Erase*** (Стереть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

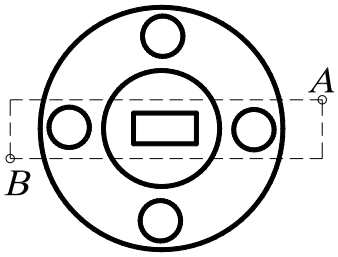
Для восстановления удаленных объектов последней командой ***Erase*** (Стереть) используется команда ***OOPS*** (Ой), название которой переводится на русский язык как «ой» и может пригодиться чересчур «активным» пользователям.

Выполнить упражнения № 51-53 (вначале задайте исходные примитивы, показанные в левой части упражнения).

Удалить набор примитивов, используя точечный выбор	***№ 51***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать курсором объект A Select objects: указать курсором объект B Select objects: указать курсором объект C Select objects: <ENTER> *OOPS* - восстановить последний удаленный объект C.	
	

Выбор геометрических объектов может производиться с помощью рамки. Если указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении слева направо, то выбираются объекты, которые полностью попали в рамку. Если же указать первый угол рамки, а затем второй угол в направлении справа налево, то секущая рамка выбирает все объекты, которые находятся внутри или пересекают контур рамки.

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 52***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

Удалить набор примитивов, выбирая их рамкой	***№ 53***
Erase Падающее меню ***Modify*** → ***Erase*** Select objects: указать точку A Select objects: указать точку B Select objects: <ENTER>	
	

18.2. КОПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Copy*** (Копировать) – копирует выбранные объекты и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Copy*** (Копировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Copy*** (Копировать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Команда позволяет создавать множество копий одного или нескольких объектов. При её применении последний запрос требует указания точки смещения (или расстояния) относительно базовой точки. После получения нужного числа копий в ответ на запрос нажать клавишу Enter.

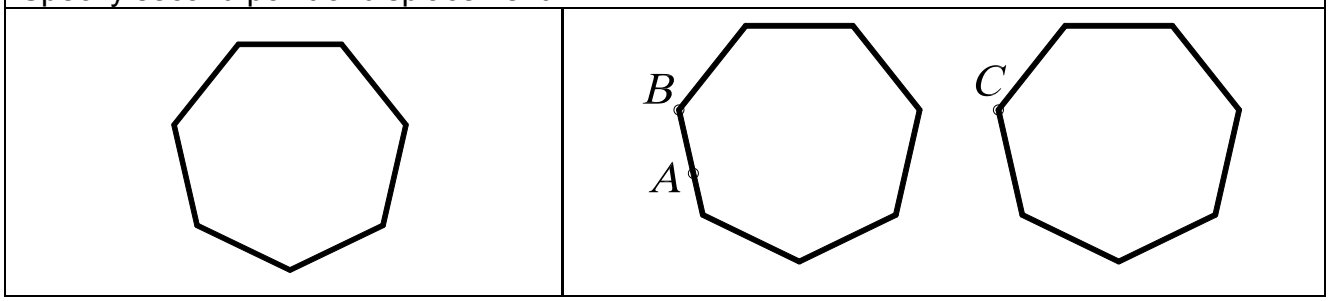
Выполнить упражнение № 54.

Скопировать объект	*№ 54*



Copy Падающее меню ***Modify*** → ***Copy***

Select objects: указать A
Select objects: ENTER
Specify base point or displacement: указать базовую точку B с использованием любой объектной привязки
Specify second point of displacement or
<use first point as displacement>: указать новое положение объекта – точку C
(или задавая расстояние BC с указанием направления курсора)
Specify second point of displacement: <ENTER>



18.3. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Mirror*** (Зеркало) – зеркально отображает выбранный объект или набор объектов, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Mirror*** (Зеркало) или щелчком мыши по пиктограмме ***Mirror*** (Зеркало) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Замечания:

1. Ось симметрии (отрезок, положение которого определяется первой и второй точками) может проходить под любым углом к горизонтальной линии.
2. Ось симметрии может быть предполагаемым отрезком, то есть не обязательно его вычерчивать.
3. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) рекомендуется в строке состояния установить режим ***Orto***, так как в большинстве случаев оси симметрии ортогональны.
4. При зеркальном отображении участков чертежа, содержащего текст, последний становится трудночитаемым. Чтобы устранить данный недостаток, необходимо предварительно установить значение системной переменной MIRRTEXT равным нулю (то есть в командной строке написать слово MIRRTEXT и затем в следующей строке на запрос Enter new value for MIRRTEXT <0>: установить значение 0).
5. При выполнении команды ***Mirror*** (Зеркало) можно исходные объекты (оригиналы) сохранять или удалять. При этом на запрос команды Delete source objects? [Yes/No] <N>: указать Yes.

Выполнить упражнение № 55.

Зеркально отобразить объект	*№ 55*



Mirror Падающее меню ***Modify*** → ***Mirror***

Select objects: выбрать объекты, показанные на рисунке толстыми линиями

Select objects: ENTER

Specify first point of mirror line: указать точку A,

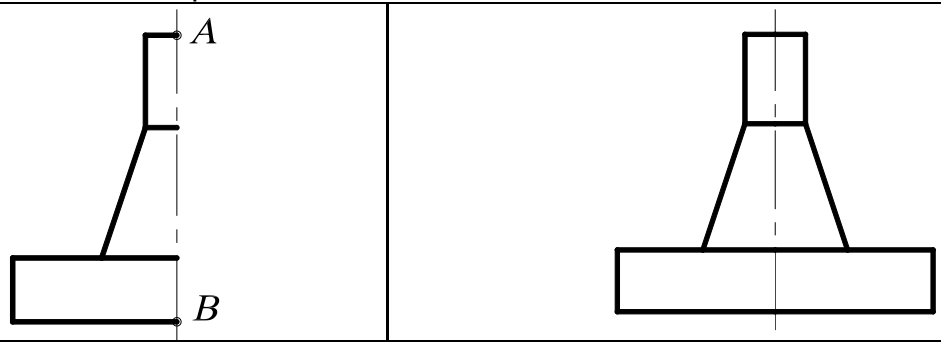
используя любой удобный режим об. привязки

Specify second point of mirror line: указать точку B,

используя любой удобный режим об. привязки

Delete source objects? [Yes/No] <N>: <ENTER>

Если на последний запрос команды ответить Y, то исходный объект не сохранится.



18.4. ПОСТРОЕНИЕ ПОДОБНЫХ ПРИМИТИВОВ



– Команда ***Offset*** (Подобие) – строит примитив, подобный другому графическому примитиву (строит эквидистантные линии); вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Offset*** (Подобие) или щелчком мыши по пиктограмме ***Offset*** (Подобие) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). Новый, подобный примитив проходит через заданную точку на чертеже или на заданном расстоянии от исходного.

Первый запрос системы в ответ на команду Specify offset distance or [Through] <Through>: (Задайте величину постоянного смещения каждого объекта или…<значение по умолчанию>)

Если выбрать режим Through, то подобный объект будет построен проходящим через заданную впоследствии точку на чертеже.

Если выбрать режим Offset, то системе необходимо указать величину смещения (ввести числовое значение с помощью клавиатуры) и позицию относительно примитива-оригинала. Подобный элемент будет построен на заданном смещении от оригинала и в нужную сторону от него. По умолчанию система всегда предлагает тот режим использования данной команды, который был применен в предыдущий раз.

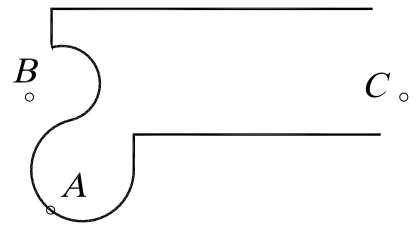
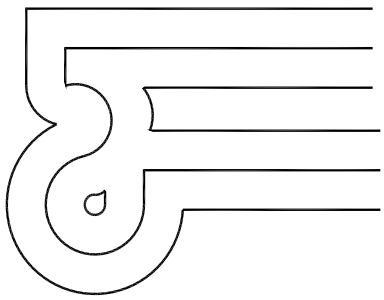
Замечания:

1. Для использования с командой ***Offset*** (Подобие) можно выбирать дуги, окружности, эллипсы, отрезки, лучи, прямые полилинии, сплайны, при этом указанные примитивы трансформируются следующим образом:
   - дуга – новая дуга имеет центральный угол и точку центра исходной дуги, однако длина дуги изменяется;
   - окружность, эллипс – новые объекты имеют центр исходных объектов, однако их радиусы изменяются;
   - отрезки, лучи, прямые – новые объекты являются дубликатами исходных;
   - полилинии – конечные точки новой полилинии размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим точкам исходной полилинии, в результате чего изменяются длины линейных и дуговых сегментов новой полилинии;

- сплайн – конечные точки нового сплайна размещаются вдоль нормали, направленной к соответствующим конечным точкам исходного сплайна, в результате чего изменяются длина и форма нового сплайна.

2. Для создания подобных объектов можно одновременно выбирать только один объект, причем разрешен только явный выбор.
3. Нельзя трансформировать объекты, находящиеся в плоскости, не параллельной текущей ПСК.

Выполнить упражнение № 56.

Построить эквидистанту полилинии	***№ 56***
Offset Падающее меню ***Modify*** → ***Offset*** Specify offset distance or [Through] <Through>: 10 величина смещения Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку B (сторону смещения) Select object to offset or <exit>: указать объект A Specify point on side to offset: указать точку C (сторону смещения) Select object to offset or <exit>:<ENTER>	
	

18.5. РАЗМНОЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МАССИВОМ

Команда ***Array*** (Массив) – тиражирует изображение графического примитива или их группы в заданной прямоугольной или круговой структуре, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Array*** (Массив) или щелчком мыши по пиктограмме ***Array*** (Массив) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

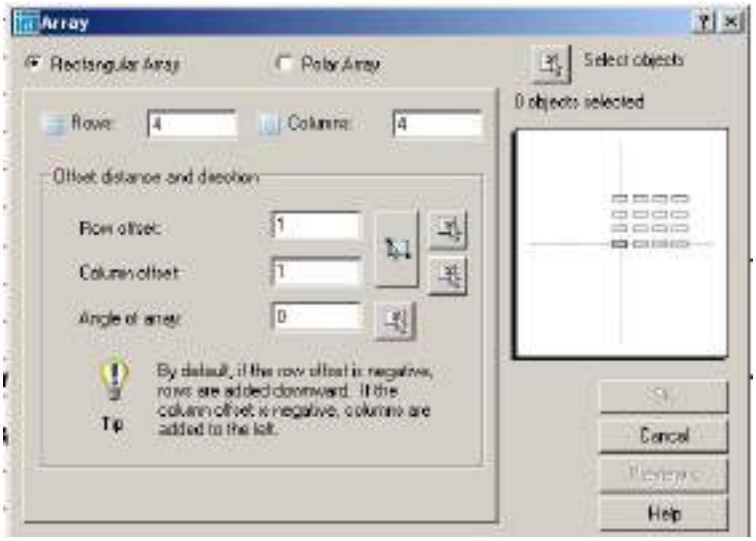


Рис. 46.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Array*** (рис. 46). Окно содержит две кнопки выбора, информационное поле, панель и кнопку.

- Кнопка выбора ***Rectangular Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде прямоугольного массива.
- Кнопка выбора ***Polar Array*** устанавливает копирование выбранных объектов в виде кругового массива.
- Кнопка ***Select Object*** позволяет перейти в режим указания объектов, массив из которых необходимо создать.
- Информационное поле отображает вид создаваемого массива.

Панель служит для ввода параметров массива. В зависимости от выбора пользователя ***Rectangular Array*** или ***Polar Array*** состав компонентов панели изменяется. В режиме создания массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты.

- Поле ввода ***Rows*** служит для задания числа строк прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Columns*** служит для задания числа столбцов прямоугольного массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Rows offset*** служит для задания расстояния между строками массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Column offset*** служит для задания расстояния между столбцами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle of array*** служит для задания угла наклона осей, вдоль которых строится массив. Поле снабжено контекстным меню.
- Кнопка ***Pick Both Offset*** позволяет задать расстояния между строками и столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки. При этом расстояние между строками равно разности координат указанных точек вдоль оси ***x***, а расстояние между столбцами – разности координат указанных точек вдоль оси ***y***.
- Кнопка ***Pick Row Offset*** позволяет задать расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Column Offset*** позволяет задать расстояния между столбцами массива, указав на графическом поле две произвольные точки.
- Кнопка ***Pick Angle of Array*** позволяет задать угол наклона осей массива, расстояния между строками массива, указав на графическом поле две произвольные точки.

В режиме создания полярного массива панель ввода параметров содержит следующие компоненты (рис. 47).

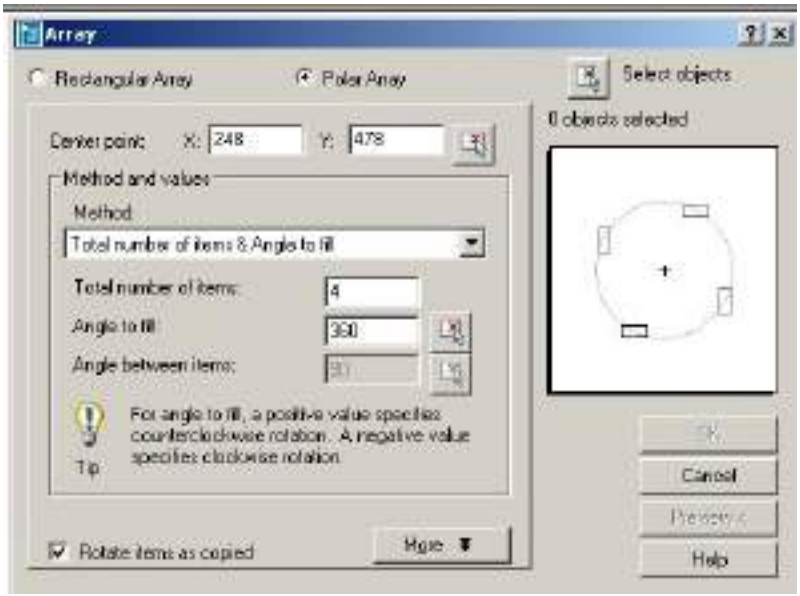


Рис. 47.

- Поля ***Center X:***, ***Y:*** служат для задания координат центра массива. Поля снабжены контекстным меню.
- Кнопка ***Center Pick Point*** позволяет задать центр массива, указав на графическом поле произвольную точку (можно использовать объектную привязку).

- Раскрывающийся список ***Method*** позволяет выбрать режим создания полярного массива:

  -***Total number of items & Angle to fill*** – создание массива с определённым числом элементов, равномерно распределённых в пределах заданного угла;

  -***Total number of items & Angle between items*** - создание массива с определенным числом элементов и заданным угловым шагом;

  -***Angle to fill & Angle between items*** – создание массива элементов, расположенных в пределах определённого угла с заданным угловым шагом.
- Поле ввода ***Total number of items*** служит для задания общего числа элементов массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle to fill*** служит для задания угла, в пределах которого размещаются элементы массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Поле ввода ***Angle between items*** служит для задания углового шага между элементами массива. Поле снабжено контекстным меню.
- Флажок ***Rotate items as copie***d разрешает режим, при котором объекты создаваемого массива поворачиваются на соответствующий угол.
- Кнопка ***More*** открывает дополнительную панель ***Object base point***, позволяющую задать положение базовой точки объекта (точки, расстояние до которой от центра массива остается постоянным).

Панель ***Object base point*** содержит следующие компоненты.

- Флажок ***Set to object's default*** разрешает использовать режим определения базовой точки, принятой для данного объекта по умолчанию:

  -точка центра для окружностей и эллипсов;

  -первый угол для многоугольников и прямоугольников;

  -начальная точка для линий, полилиний, сплайнов и лучей;

  -точка вставки для блоков и текста;

  -средняя точка для конструкционных линий.
- Поля ввода ***Base point X:***, ***Y:*** служат для задания координат базовой точки объекта, которая отличается от принятой по умолчанию.
- Кнопка ***Pick Base Point*** позволяет задать базовую точку объекта, указав на графическом поле произвольную точку.

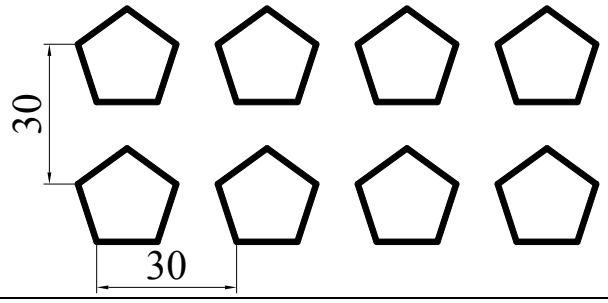
После задания всех необходимых параметров и выбора кнопки ***OK*** система производит построение массива элементов и завершает работу с командой. Кнопка ***Preview*** позволяет предварительный просмотр построенного массива, изображение которого можно редактировать или согласиться с тем, которое построено, нажав кнопку ***OK***.

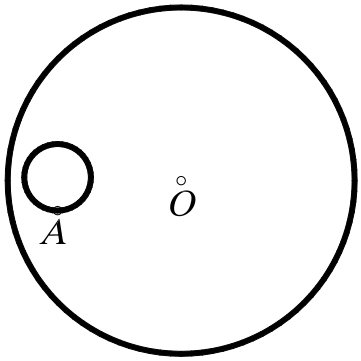
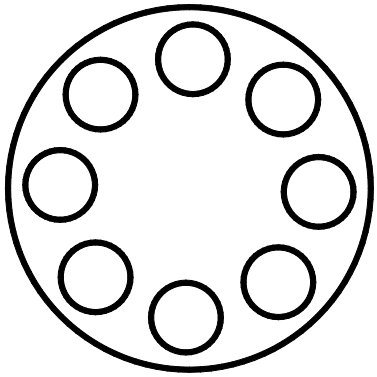
Замечания:

1. Команда позволяет выбрать объекты как после ее задания, так и до ее задания.
2. Каждый элемент массива можно редактировать независимо от других элементов.
3. Прямоугольные массивы выравниваются по осям ***X*** и ***Y*** текущей системы координат.

Для многих пользователей системы ***AutoCAD*** привычнее и удобнее работа с командной строкой. В этом случае команда ***Array*** (Массив) вводится с префиксом ***–ARRAY*** или ***(-AR)***.

Выполнить упражнение № 57, 58 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнений).

Размножить объект прямоугольным массивом	***№ 57***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY*** или ***-AR*** Select objects: выбрать объект (пятиугольник) Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: Enter выбрать прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 количество строк Enter the number of columns (|||) <1> 4 количество столбцов Enter the distance between rows or specify unit cell (---): 30 расстояние между строками Specify the distance between columns (|||): 30 расстояние между столбцами	
	

Размножить объект круговым массивом	***№ 58***
В командной строке с клавиатуры набрать ***–ARRAY (-AR)*** Select objects: выбрать объект A Select objects:Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: P круговой режим Specify center point of array or [Base]: указать центр окружности O Enter the number of items in the array: 8 количество элементов Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>:360 или Enter угол заполнения элементами массива Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: <ENTER>	
	

Параметры ввода массива в диалоговое окно для упражнения № 57 показаны на рис. 48, а для упражнения № 58 – на рис. 49.

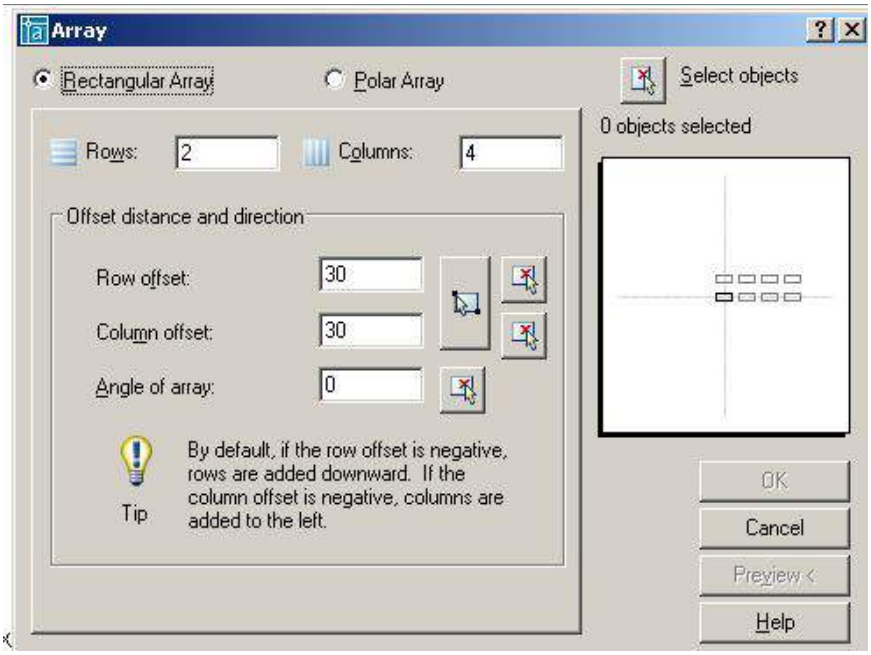


Рис. 48.

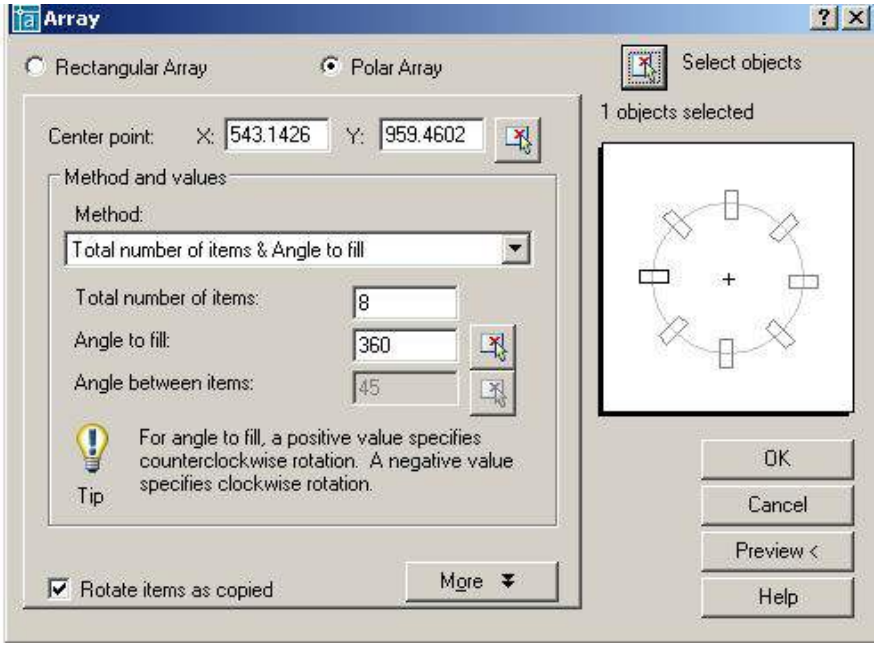


Рис. 49.

18.6. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Move*** (Перемещение) – перемещает выбранные объекты, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Move*** (Перемещение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Move*** (Перемещение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Выполнить упражнение № 59.

Переместить окружности	*№ 59*



Move Падающее меню ***Modify*** → ***Move***

Select objects: указать A

Specify opposite corner: указать B

Select objects: Enter

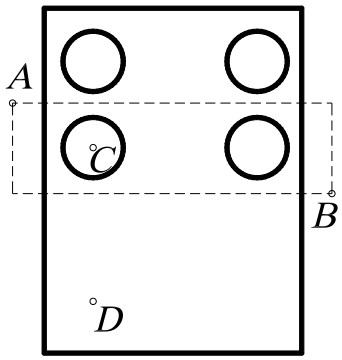
Specify base point or displacement: указать окружность в точке C с объектной привязкой Center

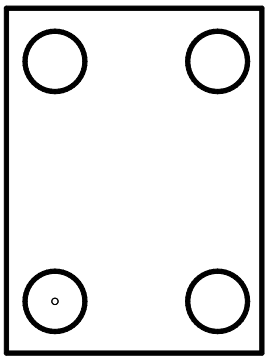


Specify second point of displacement or

<use first point as displacement>: указать точку D с объектной привязкой Node







18.7. ПОВОРОТ ОБЪЕКТОВ



- Команда ***Rotate*** (Повернуть) – поворачивает выбранные объекты вокруг указанной точки на заданный угол; вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Rotate*** (Повернуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Rotate*** (Повернуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование). По умолчанию отсчет значений углов ведется от положительного направления оси ***x***. Против часовой стрелки – положительное значение угла, по часовой стрелке – отрицательное.

Опция команды ***Reference*** (Опорный угол) используется, если необходимо повернуть объект относительно существующего угла. Для автоматического определения угла нужно указать на примитиве две точки с помощью объектной привязки.

Выполнить упражнения № 60, 61.

Повернуть объект	*№ 60*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

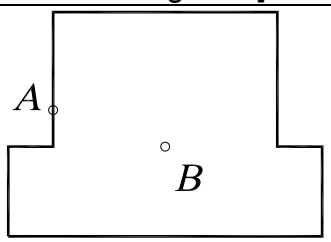
Select objects: указать объект A

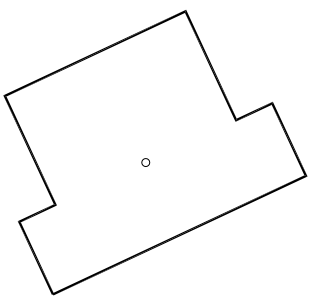
Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота – базовую точку B с объектной привязкой Node



Specify rotation angle or [Reference]: 25 угол поворота





Повернуть объект со ссылкой на известный угол	*№ 61*



Rotate Падающее меню ***Modify*** → ***Rotate***

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: указать объект A

Select objects: Enter

Specify base point: указать центр поворота точку B с объектной привязкой Intersection

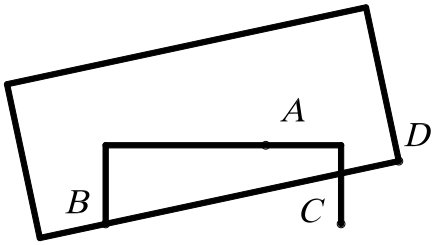


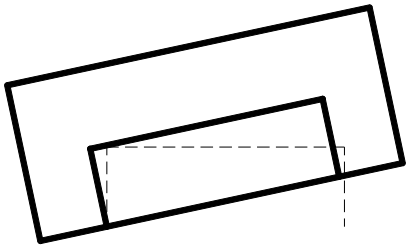
Specify rotation angle or [Reference]: R режим ссылки

Specify the reference angle <0>: указать точку B с объектной привязкой

Specify second point: указать точку C с объектной привязкой

Specify the new angle: указать точку D с объектной привязкой.





18.8. МАСШТАБИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Scale*** (Масштаб) – пропорционально изменяет размеры объекта относительно заданной точки, умножая их на заданный коэффициент масштаба, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Scale*** (Масштаб) или щелчком мыши по пиктограмме ***Scale*** (Масштаб) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

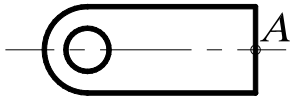
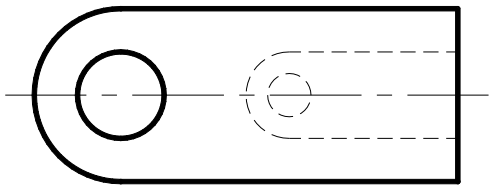
При масштабировании объектов масштабные коэффициенты по осям ***x*** и ***y*** одинаковы. Таким образом, можно делать объект больше или меньше, но нельзя изменять соотношение его размеров по этим осям. Масштабирование выполняется путем указания базовой точки и новой длины объекта, из которой выводится масштабный коэффициент для текущих единиц, или путем явного ввода коэффициента. Кроме того, коэффициент может определяться путем указания текущей длины и новой длины объекта.

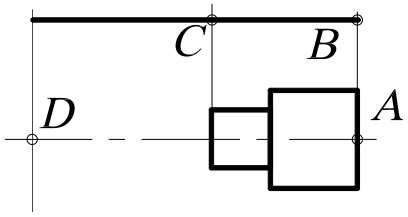
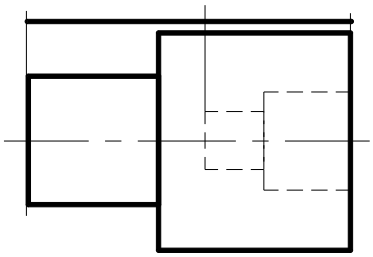
Опция ***Reference*** (Опорный отрезок) используется для определения коэффициента масштабирования с применением существующих объектов.

Одна из наиболее эффективных возможностей использования ***Reference*** (Опорный отрезок) – изменение масштаба всего рисунка. Если окажется, что выбранные единицы рисунка не соответствуют заданным требованиям, то для выбора всех объектов на рисунке (например, рамкой) можно сначала воспользоваться командой ***Scale*** (Масштаб), затем использовать опцию ***Reference*** (Опорный отрезок), указать два конца объекта, требуемая длина которого известна, и ввести эту длину. В результате масштаб всех объектов на рисунке пропорционально изменится соответствующим образом. Для автоматического определения исходной длины нужно указать на объекте с помощью объектной привязки две точки.

При использовании команды ***Scale*** (Масштаб) базовая точка не меняет своего положения при изменении размеров объекта.

Выполнить упражнения № 62, 63.

Масштабировать объект	*№ 62*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: 2 коэффициент	
	

Масштабировать объект со ссылкой на заданную длину	*№ 63*
 ***Scale*** Падающее меню ***Modify*** → ***Scale*** Select objects: выбрать заданный объект любым способом Select objects: Enter Specify base point: указать базовую точку A Specify scale factor or [Reference]: R ссылка Specify reference length <1>: указать точку B Specify second point: указать точку C Specify new length: указать точку D	
	

18.9. РАСТЯГИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

 – Команда ***Stretch*** (Растянуть) – обеспечивает растягивание или сжатие объекта, не разрывая его, за счёт перемещения отдельных его частей, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Stretch*** (Растянуть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Stretch*** (Растянуть) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

После запуска команды необходимо выбрать объекты. Выбор объектов осуществляется секущей рамкой, которая получается при движении курсора справа налево. При выполнении команды все объекты, которые попали внутрь секущей рамки, переносятся на одно и то же расстояние, а те, которые не попали, остаются на месте.

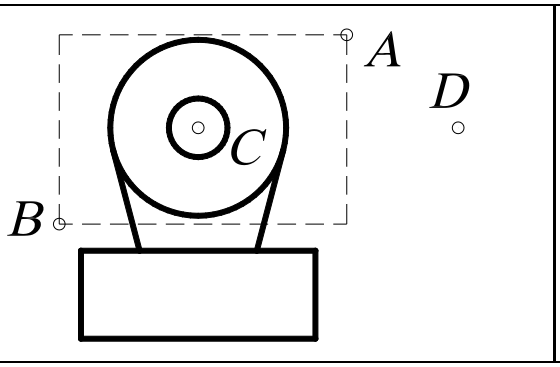
Под действие команды ***Stretch*** (Растянуть) попадают следующие типы объектов: отрезки, полилинии, дуги, лучи, сплайны, эллиптические дуги, размеры. Объекты – круг, текст, блок – растягивать нельзя.

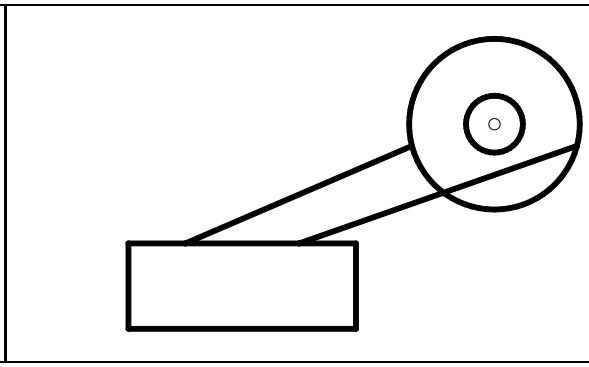
Выполнить упражнение № 64.

Растянуть объект со смещением вправо	*№ 64*

Stretch Падающее меню ***Modify*** → ***Stretch***

Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...
Select objects: выбрать объекты секущей рамкой
(растягивая её справа налево), указать точку A
Specify opposite corner: указать точку B
Select objects: Enter
Specify base point or displacement: указать точку C (применяя об. привязку к центру)
Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: указать точку D





18.10. ПОДРЕЗАНИЕ ОБЪЕКТОВ

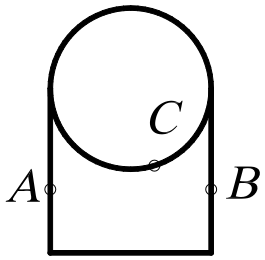
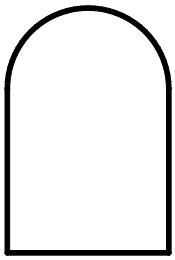
– Команда ***Trim*** (Обрезать) – удаляет часть графического объекта, обрезая его по заданной режущей кромке, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Trim*** (Обрезать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Trim*** (Обрезать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Прежде чем удалить лишние фрагменты – подрезать объект, необходимо определить *режущую кромку*. Режущей кромкой могут служить отрезки, дуги, окружности, двумерные полилинии, эллипсы, сплайны, прямые, лучи. Можно выбирать несколько режущих кромок и подрезать несколько объектов одновременно. В пространстве листа режущими кромками могут быть границы видовых экранов. После определения объектов, которые будут использованы в качестве режущих кромок, выбираются объекты для подрезания. При этом перечисляются следующие опции команды.

- ***Select object to trim*** (Выберите объекты для подрезания). Эта опция предлагается по умолчанию. Нужно выбрать любым известным способом те объекты, которые нужно откорректировать, при этом каждый объект должен быть указан с того конца, который нужно удалить.
- ***Project*** (Проекция). Эта опция определяет режим отсечения объектов по пересечению проекции объектов с границей в трехмерном пространстве:
  - ***None*** (Никакой) – режущая кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать корректируемый объект;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – режущая кромка и подрезаемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение режущей кромки до воображаемого пересечения с корректируемым объектом;

- ***No Extend*** (Не удлинять) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение.

Выполнить упражнение № 65.

Отсечь часть окружности	***№ 65***
Trim Падающее меню ***Modify*** → ***Trim*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select cutting edges ... Select objects: указать режущую кромку, выбрав объекты A и B Select objects: Enter Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: указать объект C Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

18.11. УДЛИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

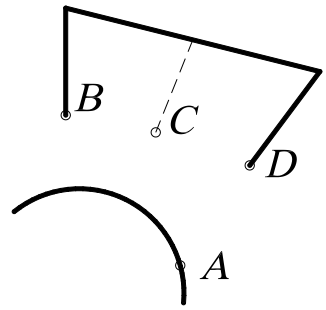
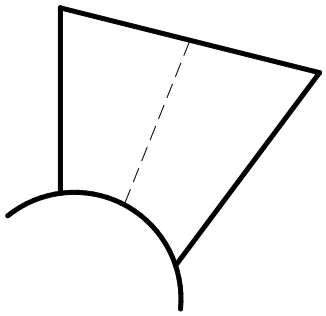
 – Команда ***Extend*** (Удлинить) – удлиняет объекты до пересечения с указанной линией, вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Extend*** (Удлинить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extend*** (Удлинить) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Методика выполнения удлинения объектов мало отличается от подрезания. Разница только в том, что вместо режущей кромки задается *граничная кромка*. Удлинять командой ***Extend*** (Удлинить) можно отрезки, незамкнутые полилинии, дуги, лучи, эллиптические дуги. Граничными кромками могут служить отрезки, дуги, двумерные полилинии. Удлиняемые объекты выбираются, если указать на ту часть, которая должна удлиняться. Объекты нельзя выбирать рамкой.

В процессе выполнения команды ***Extend*** (Удлинить)используются те же приглашения, что и для ***Trim*** (Обрезать). Первое приглашение ***Select boundary edges*** касается выбора объектов, которые будут использованы в качестве граничной кромки. Для задания способа интерпретации граничных кромок предлагается использовать такие же опции, как и при выполнении подрезания.

- ***Project*** (Проекция). Эта опция позволяет определить, каким образом ***AutoCAD*** будет проектировать граничную кромку при выполнении операции на трехмерной модели:
  - ***None*** (Никакой) – граничная кромка не проектируется, она должна явно (физически) пересекать продолжение корректируемого объекта;
  - ***UCS*** (ПСК) – кромка проектируется на координатную плоскость ***XY*** текущей пользовательской системы координат. Фактически при этом в качестве режущей кромки используется плоскость, нормальная к плоскости ***XY*** текущей ПСК;
  - ***View*** (Вид) – граничная кромка и удлиняемый объект проектируются на плоскость экрана в текущем виде.
- ***Edge*** (Кромка) определяет режим поиска пересечения:
  - ***Extend*** (Удлинить) – выполняет удлинение объекта до воображаемой продолженной границы;
  - ***No Extend*** (Не удлинять) – удлинение объектов до границы без её удлинения.

Выполнить упражнение № 66.

Удлинить отрезки до границы дуги	***№ 66***
Extend Падающее меню ***Modify*** → ***Extend*** Current settings: Projection=UCS, Edge=None Select boundary edges ... Select objects: указать граничную кромку, выбрав объект A Select objects: Enter Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку B Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать точку C Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: указать тоску D Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]: <ENTER>	
	

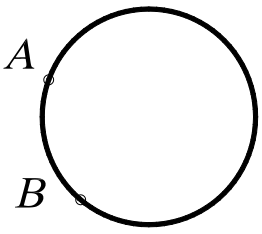
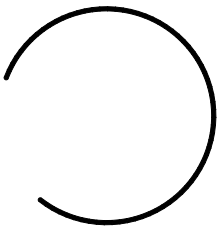
Если задано несколько граничных кромок, то объект удлиняется до тех пор, пока не достигнет первой граничной кромки. Этот объект можно выбрать вновь, чтобы удлинить его до следующей граничной кромки.

18.12. РАЗБИЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ЧАСТИ

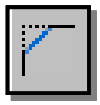
– Команда ***Break*** (Разорвать) – осуществляет разрыв отрезка, полилинии, дуги, окружности, эллипса, сплайна, прямой. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Break*** (Разорвать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Break*** (Разорвать) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Для разбиения объекта на части можно выбрать объект в первой точке разрыва, а затем указать вторую точку разрыва.

Выполнить упражнение № 67.

Расчленить и удалить часть окружности	***№ 67***
Break Падающее меню ***Modify*** → ***Break*** Select object: указать точку разрыва A Specify second break point or [First point]: указать точку разрыва B	
	

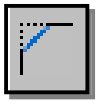
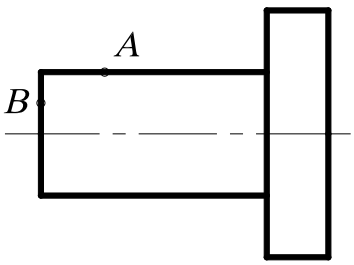
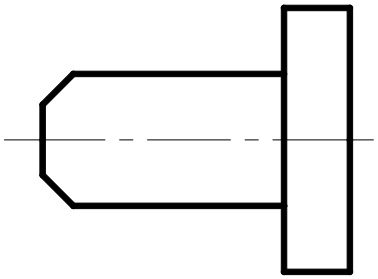
18.13. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК

 – Команда ***Chamfer*** (Фаска) – снимает фаску с угла, образованного полилинией, лучами или пересечением двух отрезков. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Эта команда может использоваться и для редактирования трехмерных тел. Если создается фаска, она определяется либо двумя катетами, либо одним катетом и углом фаски по отношению к одной из кромок.

Процесс создания фаски состоит из двух шагов. Сначала задаются параметры фаски. Это могут быть либо два катета, либо один катет и угол фаски. После ввода значений ***AutoCAD*** завершит команду ***Chamfer*** (Фаска). После этого нужно снова запустить эту команду и выбрать два отрезка, представляющие кромки, между которыми создается фаска. ***AutoCAD*** создаст фаску, используя полученную на предыдущем этапе информацию.

Выполнить упражнения № 68.

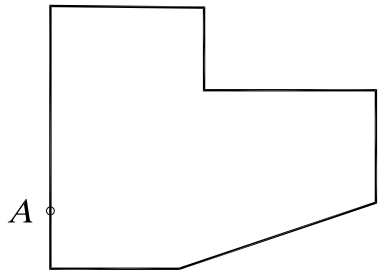
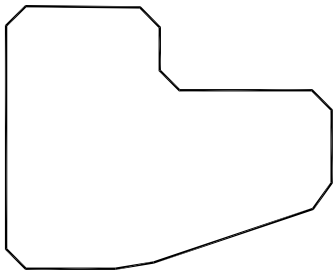
Построить фаски объекта	***№ 68***
 ***Chamfer*** Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0000, Dist2 = 0.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: D режим задания фаски по двум катетам Specify first chamfer distance <0.0000>: 7 длина одного катета Specify second chamfer distance <7.0000>: Enter <по умолчанию> длина второго катета Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать отрезок A Select second line: указать отрезок B Аналогично построить фаску с другой стороны.	
	

Ниже описаны опции команды ***Chamfer*** (Фаска).

- ***Select first line*** (Выберите первую кромку). Указать первую из двух кромок. В плоских чертежах ею является линия, а в трехмерных моделях – ребро тела. После этого последует приглашение выбрать вторую кромку.
- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, на всех углах между последовательными сегментами будет вычерчена линия фаски. Построенные вдоль полилинии фаски становятся её новыми сегментами, даже если их длина равна нулю. Пример нанесения фасок на полилинию будет представлен ниже.
- ***Distance*** (Катет). Эта опция используется для формирования фаски по значениям длин двух катетов. В этом случае задается сначала длина одного катета, а затем другого.
- ***Angle*** (Угол). Позволяет задать длину одного катета и угла скоса между фаской и линией кромки.

- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до снятия фаски. Если нужно обрезать, то первая линия отсекает на величину первого расстояния, вторая – на величину второго. Если расстояние равно 0, то происходит подгонка в одну точку. По умолчанию соединяемые фаской объекты обрезаются.
- ***Method*** (Метод) – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо двумя расстояниями, либо расстоянием и углом.

Выполнить упражнения № 69.

Вычертить фаски на углах сегментов полилинии	***№ 69***
Chamfer Падающее меню ***Modify*** → ***Chamfer*** (TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 5.0000, Dist2 = 5.0000 Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: P режим полилинии Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A) 7 lines were chamfered	
	

18.14. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ УГЛОВ

 – Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

С помощью этой команды можно сопрягать объекты следующих типов: линия, полилиния, луч, конструкционная линия, которые на чертеже имеют вид прямых, причем сопрягаемые линии, которых могут быть и параллельными. Допускается сопрягать и криволинейные объекты типов дуга, окружность и эллипс.

Процесс сопряжения состоит из двух этапов. Сначала определяется радиус сопрягающей дуги. В качестве такового используется радиус последнего выполненного сопряжения. Если необходимо переназначить величину радиуса, выбирают опцию ***Radius*** и вводят новое значение. Затем выбирают два сопрягаемых отрезка. ***AutoCAD*** выполнит сопряжение отрезков в соответствии с имеющейся информацией.

Команда имеет четыре основанные опции.

- ***Select first object*** (выберите первый объект). Эта опция позволяет указать первый объект сопряжения, если выполняется редактирование плоских объектов, либо трёхмерное ребро, если выполняется плавное сопряжение на трёхмерной модели. После выбора первого объекта сопряжения выбирается второе. При работе с трехмерными моделями можно выбрать несколько ребер, которые будут сглажены поверхностью одного радиуса. В этом случае имеется еще три опции:

  - ***Select an edge*** (Выберите ребро). Эта опция позволяет выбрать дополнительно рабра трехмерной модели до тех пор, пока не будет нажата клавиша ***Enter***.

- ***Chain*** (Цепочка). Эта опция позволяет указать непрерывную последовательность ребер на одной грани, которые будут одинаково сглажены.
-***Radius*** (Радиус) – задание радиуса.

- ***Polyline*** (Полилиния). При выборе этой опции, которая доступна только в том случае, если выбранным объектом является полилиния, все углы между последовательными сегментами будут сопряжены дугами одного радиуса.
- ***Radius*** (Радиус). Эта опция позволяет задать значение радиуса. Изменение радиуса действует только на выполняемые после этого сопряжения, оставляя неизменными существующие.
- ***Trim*** (Обрезать). Позволяет задать режим обработки двух объектов, то есть разрешает обрезать ненужные линии или нет, до выполнения сопряжения. По умолчанию сопрягаемые объекты обрезаются.

Выполнить упражнения № 70 - 72.

Построить сопряжение отрезков ***№ 70***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

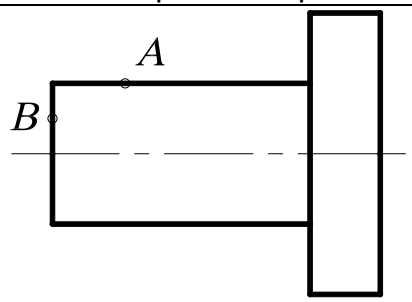
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

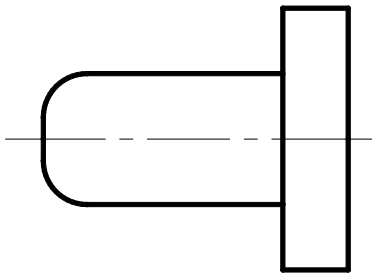
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать на отрезок в точке A

Select second object: указать на отрезок в точке B

Аналогично построить второе сопряжение.





Построить сопряжения на углах сегментов полилинии ***№ 71***



Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet***

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

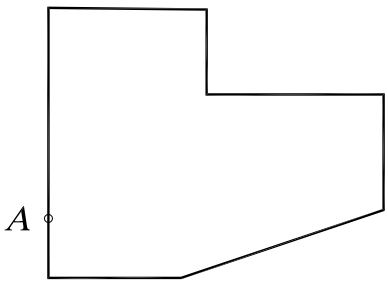
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса

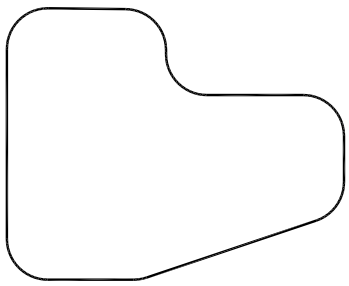
Specify fillet radius <0.0000>: 10 радиус скругления

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: P режим полилинии

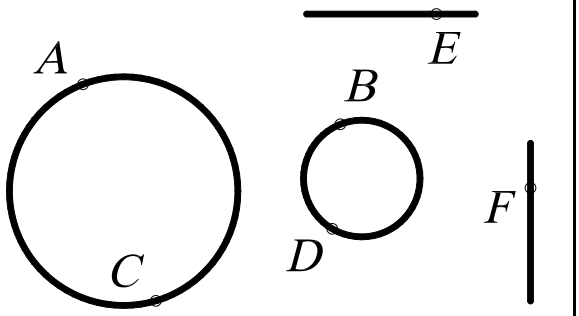
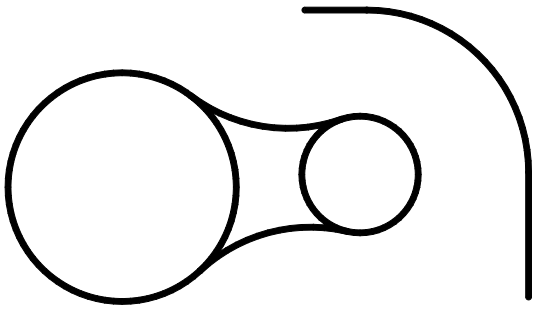
Select 2D polyline: указать на полилинию в любой точке (например, в точке A)

7 lines were filleted





Замечание. Если два отрезка параллельны, то между их концами вычерчивается полукруг, при этом радиус сопряжения автоматически устанавливается равным половине расстояния между отрезками.

Построить сопряжения заданных объектов	***№ 72***
Fillet Падающее меню ***Modify → Fillet*** Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: R задать значение радиуса Specify fillet radius <10.0000>: 30 радиус скругления Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку A (или C) Select second object: указать точку B (или D) FILLET Current settings: Mode = TRIM, Radius = 30.0000 Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать точку E Select second object: указать точку F.	
	

Замечание. Если радиус сопряжения задан нулевым, то система просто соединяет два непараллельных отрезка.

19. РЕДАКТИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ GRIPS («РУЧКИ»)

При выделении объекта на поле чертежа на нем появляются маркеры ***Grips*** (Ручки) – характерные точки объекта (маленькие синие квадраты), обычно определяемые с помощью режима объектной привязки. Использование ручек позволяет минимизировать обращения к меню. Редактирование при включенном режиме ручек выполняется с помощью графического курсора.

Средство редактирования объектов ***Grips*** объединяет наиболее часто используемые команды редактирования: ***Stretch*** (Растянуть), ***Move*** (Перемещение), ***Rotate*** (Повернуть), ***Scale*** (Масштаб), ***Mirror*** (Зеркало). По умолчанию вначале активизируется команда ***Stretch*** (Растянуть).

Первое действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

Выбирают объекты, воспользовавшись средствами выбора объектов до ввода команды: предполагаемой рамкой или явным указанием объектов. Система отметит маркеры ***Grips*** выбранных объектов маленькими синими квадратами. Если какой-либо объект выбран ошибочно, нажимают клавишу ***Shift*** и дважды щелкают на этом объекте мышью, чтобы отменить выбор и маркеры. Если весь набор выбран неудачно, нажимают дважды клавишу ***Esc***.

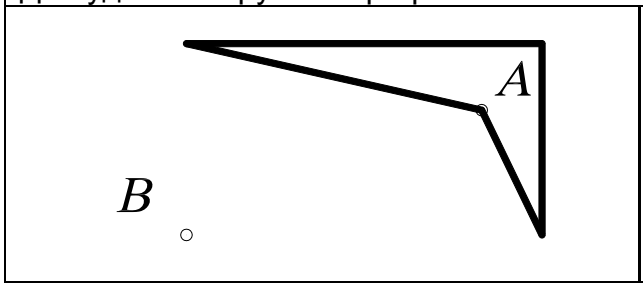
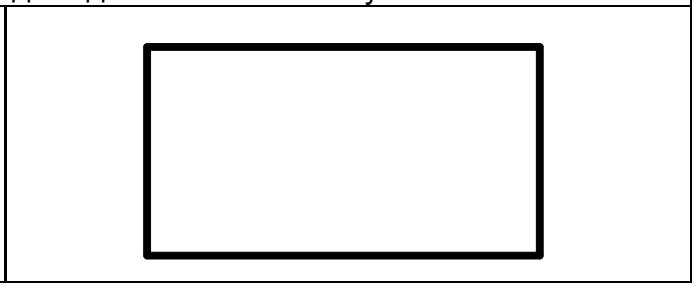
Второе действие при работе со средством редактирования ***Grips***.

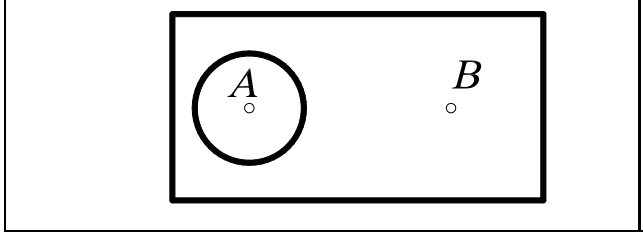
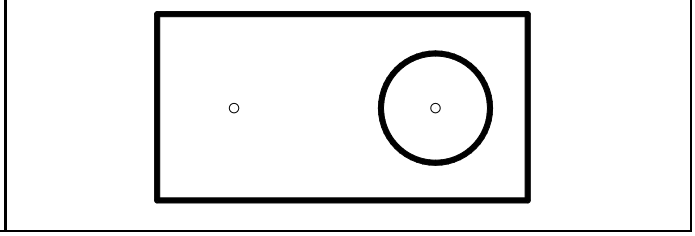
Активизируют режим редактирования, явно указав графическим курсором один из маркеров ***Grips***. Система отметит активный маркер ***Grips*** маленьким красным квадратом. Чтобы вернуть этот маркер в первоначальное состояние, щелкают на нем мышью. Если не-

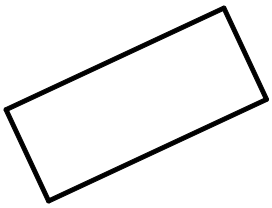
обходимо активизировать несколько маркеров ***Grips***, то в ходе их набора нажимают и удерживают клавишу ***Shift***. После отпускания клавиши ***Shift*** следует выбрать из набора активных маркеров ***Grips*** один, который будет рассматриваться системой как базовый. Если какой-либо маркер ***Grips*** из набора выбран ошибочно, то для его отмены нужно щелкнуть на нем мышью, удерживая нажатой клавишу ***Shift***. Точка, соответствующая выбранному маркеру ***Grips***, рассматривается системой в качестве базовой. После выбора маркера по умолчанию запускается команда ***Stretch*** (Растянуть).

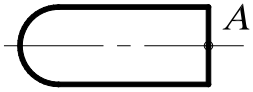
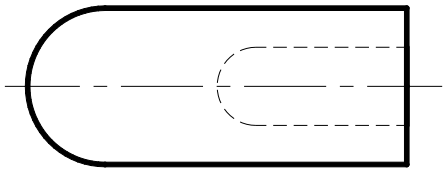
Для выбора остальных команд режима можно воспользоваться контекстным меню, вызываемым при нажатии правой кнопки мыши, последовательным нажатием клавиши ***Enter*** или непосредственным вводом с клавиатуры в командную строку начальной буквы команды.

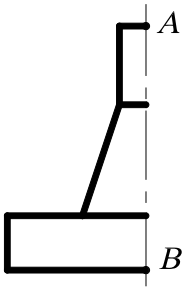
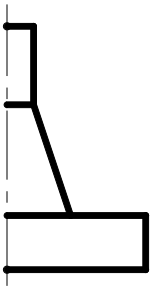
Выполнить упражнения № 73 – 77 (вначале постройте исходный элемент, показанный в левой части упражнения).

Растянуть объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 73***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать ту, за которую следует тянуть (точку A) ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение редактируемой вершины – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Переместить объект с помощью Grips (Ручки)	***№ 74***
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку A ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mo или Enter режим перемещения ** MOVE ** Specify move point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать новое положение центра окружности – точку B (при необходимости задать её координатами). Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Повернуть объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 75*
Command: указать на контур объекта в произвольной точке. Из появившихся ручек выбрать базовую (центр поворота), например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Ro режим поворота ** ROTATE ** Specify rotation angle or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 25 угол Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Масштабировать объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 76*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Sc режим масштабирования ** SCALE ** Specify scale factor or [Base point/Copy/Undo/Reference/eXit]: 2 коэффициент Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

Зеркально отобразить объект с помощью Grips (Ручки)	*№ 77*
Command: выбрать объект Из появившихся ручек выбрать базовую, например точку А ** STRETCH ** Specify stretch point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: Mi режим симметрии ** MIRROR ** Specify second point or [Base point/Copy/Undo/eXit]: указать точку В Для удаления ручек с графического поля дважды нажать клавишу Esc.	
	

20. ДИСПЕТЧЕР СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ



Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** – это единый инструмент, управляющий всеми объектами рисунка. В диалоговом окне ***Property*** (Свойства), представленном на рис. 150, возможен просмотр и изменение практически всех свойств рисунка. Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств) либо из падающего меню ***Modify*** (Редактировать)→ ***Properties*** (Свойства), либо щелчком мыши по пиктограмме ***Properties*** (Свойства) стандартной панели инструментов.

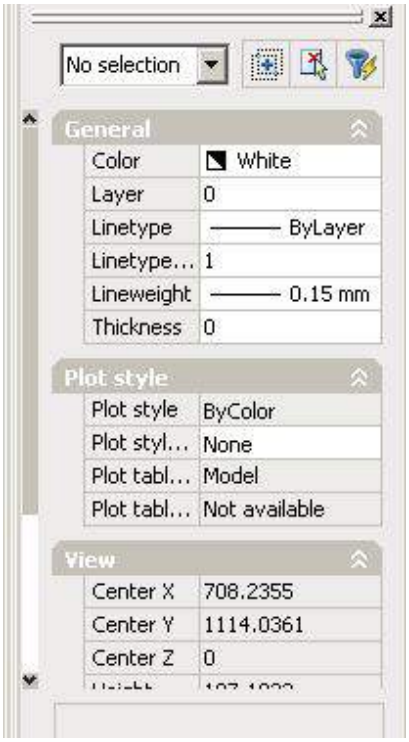


Рис. 150.

Диспетчер свойств объектов ***Object Property Manager*** позволяет выбирать объекты по их типу, предоставляя возможность редактировать свойства для каждого объекта. Если выбран один объект, отображается диалоговое окно со всеми доступными свойствами, характеризующими этот объект (слой, цвет, толщина линии, тип линии, высота текста и т. п.). При выборе нескольких объектов отображается окно с параметрами, которые характеризуют общие свойства этих объектов. Если не выбран ни один объект, диалоговое окно отображает общие характеристики чертежа.

Предусмотрены следующие способы изменения значений параметров:

- ввести новое значение параметра с помощью клавиатуры;
- явно указать новые координаты точки на экране монитора;
- выбрать новое значение параметра из раскрывающегося списка;
- выбрать новое значение параметра в диалоговом окне.

Диалоговое окно загружается командой ***PROPERTIES*** (Окно свойств), содержит две вкладки: раскрывающийся список выбранных объектов и три кнопки.

- Раскрывающийся список, расположенный в верхней части окна, содержит перечень выбранных объектов.
- Кнопка ***Toggle value of PICKADD Sysvar*** разрешает (на кнопке символ +) или запрещает (на кнопке символ 1) добавлять объекты в набор для редактирования.
- Кнопка ***Select Obje***ct позволяет явно указать объекты, свойства которых необходимо редактировать.
- Кнопка ***Quick Select*** открывает диалоговое окно с тем же именем, с помощью которого можно быстро выбрать объекты для редактирования.

При редактировании свойств объектов происходит их динамическое обновление.

21. ПАНЕЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ *Dimension* *(Измерение)*

В ***AutoCAD*** используются размеры, которые можно разделить на три основные группы – линейные, радиальные и угловые. Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные, параллельные, повернутые, координатные, базовые и размерные цепи. Изображение размера: все линии, стрелки, дуги и элементы текста, составляющие размер, будут рас-

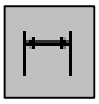
сматриваться как один размерный примитив. Команды простановки размеров находятся в падающем меню ***Dimension*** (Размеры) или на одноименной панели инструментов (рис. 151).



Рис. 151.

21.1. ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ

AutoCAD позволяет проставлять линейные размеры, отличающиеся углом, под которым проводится размерная линия.



– Команда ***Dimliner*** (Размер линейный) – позволяет создавать горизонтальный, вертикальный или повернутый размеры. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Linear*** (Линейный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Linear Dimension*** (Линейный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Используется для определения размеров отрезков прямых линий и прямолинейных сегментов полилиний или блоков; команду можно применить для нанесения линейного размера окружности или дуги.

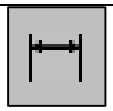
Для выбора точек начала выносных линий рекомендуется пользоваться режимами объектной привязки.

Опции команды ***Dimliner*** (Размер линейный):

- ***Mtext*** (Многострочный текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора многострочного текста. Можно полностью изменить текст или сохранить измеренное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, если необходимо, текст до и после скобок. Для определения диаметра окружности к размерному числу присоединяется символьная последовательность %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.
- ***Text*** (Текст) – позволяет редактировать размерный текст с помощью редактора однострочного текста.
- ***Angle***(Угол) – позволяет задать угол поворота размерного текста.
- ***Horizontal*** (Горизонтальный) – задает горизонтальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***x***.
- ***Vertical*** (Вертикальный) – задает вертикальную ориентацию размера, отмеряет расстояние между двумя точками по оси ***y***.
- ***Rotated*** (Повернутый) – осуществляет поворот размерной и выносных линий, отмеряет расстояние между двумя точками вдоль заданного направления в текущей ПСК (пользовательской системы координат).

Выполнить упражнения № 78 - 80.

Проставить вертикальный размер ***№ 78***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

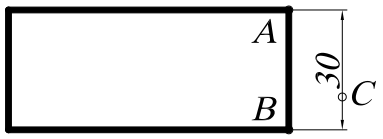
Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

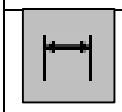
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





Проставить горизонтальный размер
с изменением размерного текста ***№ 79***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: T режим однострочного текста

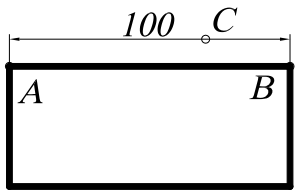
Enter dimension text <70>: 100 ввести новый размерный текст

Specify dimension line location or

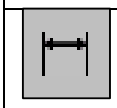
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 70





Проставить повернутый размер ***№ 80***



Dimliner Падающее меню ***Dimension → Liner***

Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A

Specify second extension line origin: указать точку B

Specify dimension line location or

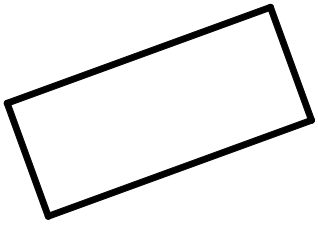
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: R режим повернутого размера

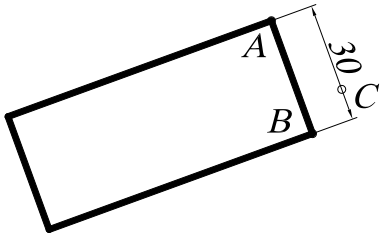
Specify angle of dimension line <0>: 20 угол поворота

Specify dimension line location or

[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: указать точку C

Dimension text = 30





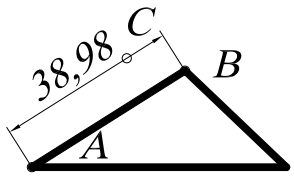
21.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



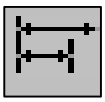
– Команда ***Dimaligned*** (Размер параллельный) – позволяет вычерчивать линейный размер, размерная линия которого параллельна отрезку, проведенному через начальные точки выносных линий. Создается подобно горизонтальным, вертикальным и повернутым размерам. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Aligned*** (Параллельный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Aligned Dimension*** (Параллельный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При автоматическом размещении выносных линий для окружности началом первой выносной линии будет точка, указанная при выборе окружности. После задания объекта пользователю предоставляется возможность выбора опций команды ***Mtext***, ***Text***, ***Angle***, позволяющих редактировать размерный текст.

Выполнить упражнение № 81.

Проставить параллельный размер	***№ 81***
 ***Dimaligned*** Падающее меню ***Dimension → Aligned*** Specify first extension line origin or <select object>: указать точку A Specify second extension line origin: указать точку B Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 38.98	
	

21.3. БАЗОВЫЕ РАЗМЕРЫ



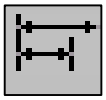
– Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) позволяет вычерчивать несколько размерных линий от одной выносной линии, которая принимается за базовую. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Basline*** (Базовый) или щелчком мыши по пиктограмме ***Basline Dimension*** (Базовый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Замечания:

1. Команда ***Dimbasline*** (Размер базовый) может применяться только после выполнения хотя бы одной из команд ***Dimliner*** (Размер линейный), ***Dimordinate*** (Размер координатный) или ***Dimangular*** (Размер угловой).
2. Базовой выносной линией является первая выносная линия предшествующей команды ***Dimbasline*** (Размер базовый).
3. Каждая новая размерная линия автоматически смещается относительно предыдущей на величину, задаваемую системной переменной DIMDLI (в командной строке с клавиатуры вводят DIMDLI и новую величину этой переменной: Enter new value for DIMDLI <6.0000>: 10). Длина базовой выносной линии при этом также увеличивается.

Выполнить упражнение № 82. Перед построением базового размера должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить базовые размеры	*№ 82*



Dimbaseline Падающее меню ***Dimension → Baseline***

Select base dimension: указать точку A

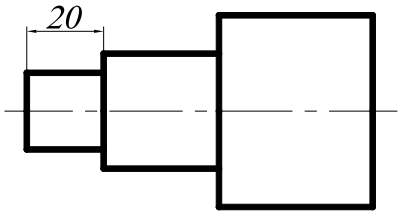
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

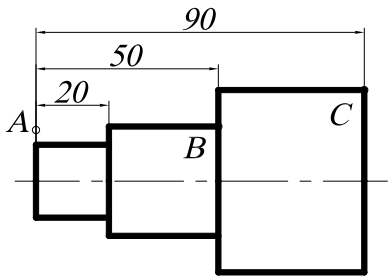
Dimension text = 50

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 90

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter





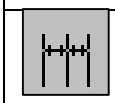
21.4. РАЗМЕРНАЯ ЦЕПЬ



– Команда ***Dimcontinue*** (Размерная цепь) позволяет вычерчивать цепочки размеров, используя вторую выносную линию предыдущего размера как первую выносную линию текущего размера. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Continue*** (Цепь) или щелчком мыши по пиктограмме ***Continue Dimension*** (Размерная цепь) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Выполнить упражнение № 83. Перед построением размерной цепи должен быть нанесен хотя бы один линейный, координатный или угловой размер.

Проставить размерную цепь	*№ 83*



Dimcontinue Падающее меню ***Dimension → Continue***

Select continued dimension: указать точку A

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку B

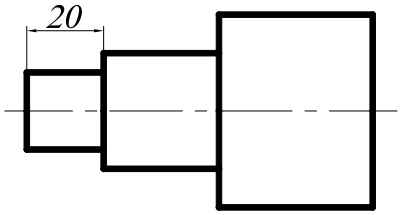
Dimension text = 30

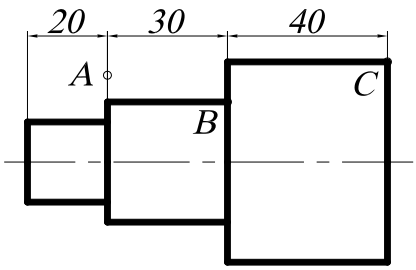
Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: указать точку C

Dimension text = 40

Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>: Enter

Select continued dimension: Enter





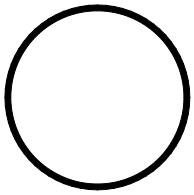
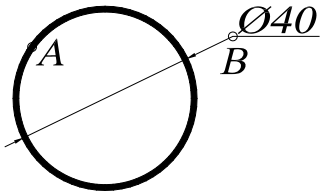
21.5. РАДИАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

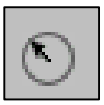


– Команда ***Dimdiameter*** (Размер диаметра) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера диаметров дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Diameter*** (Диаметр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Diameter*** (Диаметр) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

При выполнении этой команды выносные линии не проводятся. Если размерный текст не изменялся, то по умолчанию размерному числу предшествует знак диаметра окружности. Нельзя изменить направление отрезка, который продолжает размерную линию диаметра за пределами окружности.

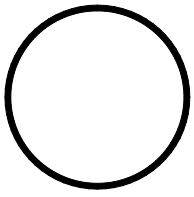
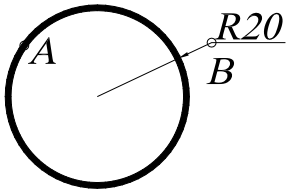
Выполнить упражнение № 84.

Проставить размер диаметра	***№ 84***
 ***Dimdiameter*** Падающее меню ***Dimension → Diameter*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 40 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	



– Команда ***Dimradius*** (Размер радиуса) позволяет вычерчивать размерные линии для обозначения размера радиуса дуг или окружностей. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Radius*** (Радиус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Radius*** (Радиус) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). При простановке радиуса текст по умолчанию начинается с символа ***R***.

Выполнить упражнение № 85.

Проставить размер радиуса	***№ 85***
 ***Dimradius*** Падающее меню ***Dimension → Radius*** Select arc or circle: указать точку A Dimension text = 20 Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку B	
	

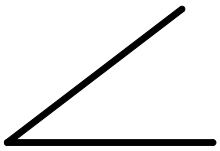
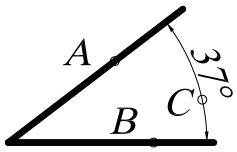
21.6. УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimangular*** (Размер угловой) позволяет вычерчивать размерную линию (дугу окружности) для обозначения угла между двумя непараллельными линиями, набором из трёх точек, дуги или окружности. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Angular*** (Угловой) или щелчком мыши по пиктограмме ***Angular Dimension*** (Угловой размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

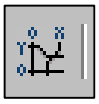
Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то угловой размер строится по трем точкам. При простановке углового размера текст по умолчанию завершается знаком «°».

Выполнить упражнение № 86.

Проставить угловой размер	***№ 86***
 ***Dimangular*** Падающее меню ***Dimension → Angular*** Select arc, circle, line, or <specify vertex>: указать точку A Select second line: указать точку B Specify dimension arc line location or [Mtext/Text/Angle]: указать точку C Dimension text = 37	
	

Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста. Если угол образован двумя непараллельными прямыми, размерная дуга стягивает угол между ними. Если размерная линия указана вне пределов линий, угол между которыми обозначается, то автоматически вычерчиваются выносные линии.

21.7. КООРДИНАТНЫЕ РАЗМЕРЫ



– Команда ***Dimordinate*** (Размер координатный) позволяет вычерчивать размер, показывающий расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x*** или ***y***. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Ordinate*** (Координатный) или щелчком мыши по пиктограмме ***Ordinate Dimension*** (Координатный размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Координатный размер состоит из значения координаты ***x*** или ***y*** и выноски. Координатный размер по ***x*** – это расстояние от начала координат до объекта вдоль оси ***x***, а координатный размер по ***y*** – это расстояние вдоль оси ***y***. Если указана точка, ***AutoCAD*** автоматически определяет, по какой оси проставлять координатный размер. Текст координатного размера располагается вдоль выноски, независимо от ориентации текста, заданной текущим размерным стилем. Опции команды позволяют изменять размерный текст и угол наклона размерного текста.

21.8. ВЫНОСКИ И ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖЕ



– Команда ***QLeader*** (Быстрая Выноска) обеспечивает вычерчивание линии-выноски и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Leader*** (Выноска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Leader*** (Быстрая выноска) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Если на первый запрос команды нажать клавишу ***Enter***, то система открывает диалоговое окно ***Leader Settings*** для настройки параметров линии-выноски (рис. 152). Это диалоговое окно содержит три вкладки. Вкладка ***Annotation*** позволяет управлять содержанием аннотации, добавляемой к линии выноски: это может быть многострочный текст, допуск формы и расположения поверхностей, блок или ничего.

Вкладка ***Leader & Arrow*** позволяет управлять внешним видом линии выноски и формой стрелки указателя линии выноски. Кнопка выбора ***Straight*** устанавливает линию выноски в виде ломаной линии с прямолинейными сегментами, а кнопка ***Spline*** – в виде гладкой кривой (сплайна).

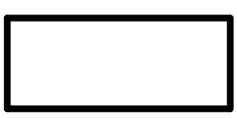
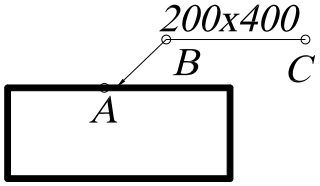


Рис.152.

Вкладка ***Attachment*** позволяет управлять положением полки линии выноски относительно поясняющей надписи. По умолчанию предлагается компоновка, когда полка линии выноски располагается в середине нижней строки многострочного текста. Предлагаемые способы выравнивания многострочного текста:

- ***Top of Top Line*** – по верху верхней строки;
- ***Middle of Top Line*** – по середине верхней строки;
- ***Middle of Multilane Text*** – по середине текста;
- ***Middle of Bottom Line*** – по середине нижней строки;
- ***Bottom of Bottom Line*** – по низу нижней строки;
- Флажок ***Underline Bottom Line*** отменяет все способы расположения надписи и разрешает ее подчеркивание полкой линии выноски.

Выполнить упражнение № 87.

Проставить размеры детали прямоугольного сечения на полке линии-выноски	***№ 87***
Qleader Падающее меню ***Dimension → Leader*** Specify first leader point, or [Settings] <Settings>: указать точку A Specify next point: указать точку B Specify next point: указать точку C Specify text width <6>: Enter Enter first line of annotation text <Mtext>: 200x400 Enter next line of annotation text: Enter	
	

21.9. БЫСТРОЕ НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ



– Команда ***QDim*** (Быстрый Размер) используется для одновременного быстрого нанесения группы размеров и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Разме-

ры) → ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) или щелчком мыши по пиктограмме ***Quick Dimension*** (Быстрый размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

Команда ***QDim*** (БРазмер) запрашивает лишь контуры, на которые необходимо проставить размеры с указанием опции типа проставляемых размеров:

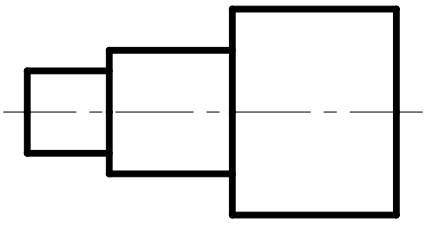
- ***Continuous*** (***C***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров в виде размерной цепочки;
- ***Staggered*** (***S***) – используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу параллельных или концентрических размеров;
- ***Baseline*** (***B***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу размеров от одной базы;
- ***Ordinate*** (***O***) - используется, если необходимо для выбранных объектов нанести группу координатных размеров;
- ***Radius*** (***R***) - используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер радиуса;
- ***Diameter*** (***D***) – используется, если необходимо для выбранных объектов (дуг или окружностей) нанести размер диаметра;
- ***DatumPoint*** (***P***) – используется, если необходимо изменить базовую точку при нанесении группы базовых или координатных размеров;
- ***Edit*** (***E***) – используется, если необходимо редактировать набор характерных точек в выбранной группе объектов; разрешено удалять (***remove***) или добавлять (***Add***) точки в набор.

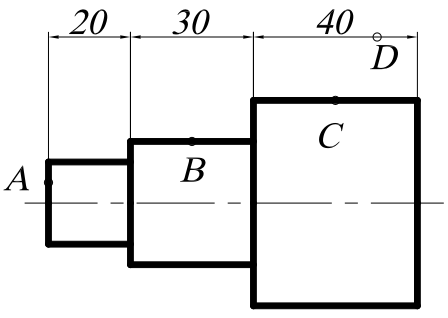
Выполнить упражнение № 88.

Быстрое нанесение размеров ***№ 88***

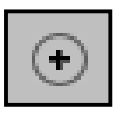


Qdim Падающее меню ***Dimension → Quick Dimension***
Associative dimension priority = Endpoint
Select geometry to dimension: указать точку A
Select geometry to dimension: указать точку B
Select geometry to dimension: указать точку C
Select geometry to dimension: Enter
Specify dimension line position, or
[Continuous/Staggered/Baseline/Ordinate/Radius/Diameter/datumPoint/Edit/seTtings
] <Continuous>: указать точку D





21.10. НАНЕСЕНИЕ МЕТОК ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ ИЛИ ДУГИ



– Команда ***Dimcenter*** (Центральная метка) используется для нанесения меток центра выбранной дуги или окружности и вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Dimension center*** (Центральная метка) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension center*** (Центральная метка) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

В ответ на запрос команды указать графическим курсором объект, для которого необходимо нанести метку.

21.11. РЕДАКТИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ СТИЛЕЙ



– Команда ***Dimstyle*** (Размерный стиль) обеспечивает работу с размерными стилями с помощью диалогового окна ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей), представленного на рис. 153. Вызывается из падающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Style…*** (Стиль…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Style*** (Размерный стиль) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры).

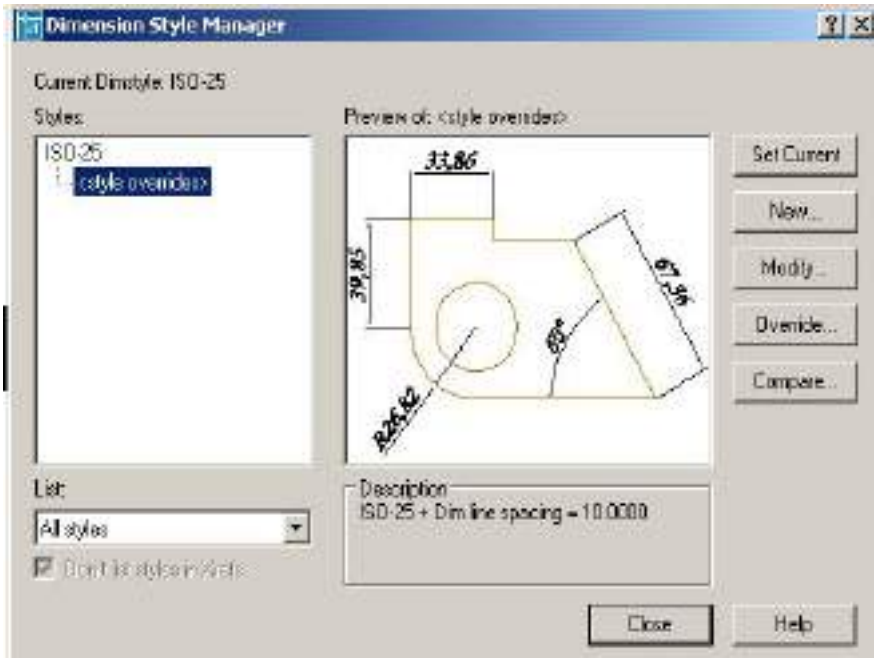


Рис. 153.

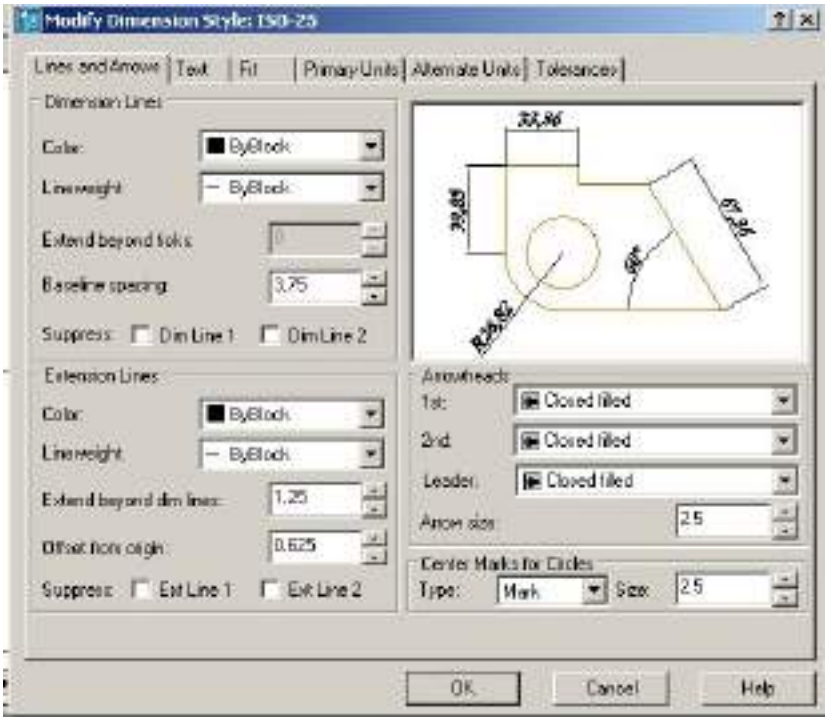


Рис. 154.

Изменение размерного блока происходит при редактировании (модифицировании) текущего размерного стиля или при замене текущего размерного стиля на новый размерный стиль.

Чтобы модифицировать текущий размерный стиль, необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager*** (Диспетчер разменных стилей);
- щелкнуть в открывшемся диалоговом окне на кнопке ***Modify*** (Редактировать);
- заменить значения размерных переменных на новые, используя соответствующие вкладки диалогового окна ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля), представленного на рис. 154;
- щелкнуть на кнопке ОК;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.

После закрытия диалогового окна ***AutoCAD*** автоматически обновит на чертеже размерные блоки, использующие текущий стиль, в соответствии с новыми значениями размерных переменных.

Диалоговое окно ***Modify Dimension Style*** (Редактирование размерного стиля) содержит следующие вкладки.

1. ***Lines and Arrows*** (Линии и стрелки) – настройка параметров размерных, выносных, осевых линий и стрелок, содержит четыре поля настроек:

- Настройка размерных линий ***Dimension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond ticks*** (величина выступа размерной линии за выносные линии (в случае, когда вместо стрелок используются засечки), ***Base spacing*** (расстояние между размерными линиями при простановке размеров от одной базы), ***Suppress*** (подавление первой (***Dim Line 1***) или второй (***Dim Line 1***) частей размерной линии.
- Настройка выносных линий ***Extension Lines*** – ***Color*** (цвет линий), ***Lineweight*** (толщина линий), ***Extend beyond dim lines*** (величина выступа выносных линий за размерную линию), ***Offset from origin*** (отступ начала выносной линии от объекта), ***Suppress*** (подавление первой (***Ext Line 1***) или второй (***Ext Line 1***) выносной линии.
- Настройка размерных стрелок ***Arrowheads*** – ***1 st*** (вид первой стрелки), ***2 nd*** (вид второй стрелки), ***Leader*** (вид стрелки для линии-выноски), ***Arrowsize*** (размер стрелки).
- Настройка маркеров для центра окружности или дуги ***Center Marcs for Circles*** – ***Type*** (тип маркера), ***Size*** (размер).

2. ***Text*** (Текст) – настройка размещения и формата размерных надписей содержит три поля настроек:

- Настройка внешнего вида текста ***Text Appearance*** – ***Text style*** (стиль текста), ***Text color*** (цвет текста), ***Text height*** (высота текста), ***Fraction height scale*** (определение масштаба чисел дробной части относительно размера основного текста при отображении простых дробей***), Draw frame around text*** (отрисовка рамки вокруг размерного текста).
- Расположение размерного текста относительно размерной линии ***Text Placement*** – ***Vertical*** (расположение текста при вертикальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии, разрывая его; ***Above*** – размещает текст над размерной линией; ***Outside*** – размещает текст под размерной линией; ***JIS*** – располагает текст в соответствии с Японским индустриальным стандартом). ***Horizontal*** (расположение текста при горизонтальной ориентации размерной линии: ***Centered*** – центрирует текст относительно размерной линии; ***1nd Extention Line*** – размещает текст около первой выносной линии; ***2nd Extention Line*** – размещает текст около второй выносной линии; ***Over 1st Extention Line*** – размещает текст над первой выносной линией; ***Over 2nd Extention Line*** – размещает текст над второй выносной линией). ***Offset from dim line*** – расстояние между текстом и размерной линией.
- Ориентация текста ***Text Alingment*** – ***Horizontal*** (располагается вертикально), ***Alingment with dimension line*** (текст располагается параллельно размерной линии), ***ISO Standart*** (текст располагается параллельно размерной линии, когда он находится между выносными линиями, и горизонтально, когда он находится вне выносных линий).

3. Fit (Выравнивание) – настройка характера размещения стрелок и размерных надписей в стесненных местах чертежа. При нанесении размеров достаточно часто встречаются ситуации, когда не удается разместить размерный текст на обычном месте, поэтому в стиле должно быть определено поведение системы в подобных ситуациях.

- Расположение текста и стрелок при недостатке места для размещения их внутри выносных линий ***Fit Option*** (Вписывать) – ***Either the text or the arrows, whichever fits best*** (автоматически определяется, что лучше разместить внутри выносных линий – текст или стрелки), ***Arrows*** (внутри располагаются стрелки), ***Text*** (внутри располагается текст), ***Both text and arrows*** (внутри располагаются как текст, так и стрелки), ***Always keep text between ext lines*** (всегда размещает текст между выносными линиями), ***Sup-***

press arrows if they don't fit inside the extension lines (подавляет стрелки, если они не вписываются внутрь выносных линий).

- Расположение текста, когда он не может разместиться в месте, предусмотренном по умолчанию ***Text Placement*** (Размещение текста) – ***Beside the dimension line*** (около выносной линии), ***Over the dimension line, with a leader*** (на выноске, выше размерной линии), ***Over the dimension line, without a leader*** (выше размерной линии, без выноски).
- Масштаб для размерных элементов (***Scale for Dimension Features***) – ***Use overall scale off*** (использовать общий масштабный коэффициент для всех размерных элементов), ***Scale dimensions to layout (paperspace)*** (в пространстве листа масштабировать элементы в соответствии с масштабом чертежа в текущем видовом экране.
- Дополнительная настройка ***Fine Tuning*** – ***Place text manually when dimensioning*** (при простановке размеров местоположение текста определяется вручную), ***Always draw dim line between ext lines*** (всегда чертить размерную линию между выносными линиями, даже когда стрелки располагаются снаружи от выносных линий).

4. Вкладка ***Primary Units*** (Основные единицы) – настройка формата основных единиц для размеров, соответствующих линейным и угловым величинам.

- Линейные размеры (***Linear Dimensions***) – ***Unit format*** (единицы измерения), ***Precision*** (точность размерного стиля), ***Fraction format*** (формат дробной части при использовании дробей), ***Decimal separator*** (формат разделителя целой и десятичной части числа), ***Round off*** (округление размерных чисел (1 – округление до целых), ***Prefix*** (префикс, который будет отображаться перед размерным текстом), ***Suffix*** (суффикс, который будет отображаться после размерного текста).
- Масштабы (***Measurement Scale***) – ***Scale factor*** (масштаб значения размерного числа), ***Apply to layout dimensions only*** (масштаб учитывать только в пространстве листа).
- Подавление нуля (***Zero Suppression***) – ***Leading*** (подавление нуля перед запятой), ***Trailing*** (подавление последних нулей в десятичной части).

Настройка единиц угловых размеров ***Angular Dimensions*** (в правой части диалогового окна) производится аналогично.

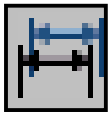
5. Вкладка ***Alternate Units*** (Альтернативные единицы) – параметры настройки в этой вкладке используются в том случае, если будет включен режим простановки размеров альтернативных единиц, то есть если используют метрическую систему и британскую на одном чертеже.

6. Вкладка ***Tolerances*** (Допуски) – настройка параметров формата представления допусков на чертеже.

Для замены текущего размерного стиля на новый размерный стиль необходимо:

- открыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***;
- выбрать нужный стиль в списке ***Styles***;
- сделать новый стиль текущим, щелкнув на кнопке ***Set Current***;
- закрыть диалоговое окно ***Dimension Style Manager***.





После закрытия диалогового окна все существующие на чертеже размерные блоки не изменятся, а новые будут вычерчиваться в соответствии с новым размерным стилем. Если необходимо заменить стиль существующих размерных блоков на установленный размерный стиль, следует воспользоваться командой выпадающего меню ***Dimension*** (Размеры) → ***Update*** (Обновить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Dimension Update*** (Обновить размер) панели инструментов ***Dimension*** (Размеры). Затем ввести в командную строку ***all*** и нажать клавишу ***Enter*** или воспользоваться секущей рамкой выбора и с её помощью выбрать все объекты размеров на чертеже. Когда все объекты размеров на экране выделены, нажать клавишу ***Enter***. Тем самым выполнение команды завершится.

22. ЗУМИРОВАНИЕ

В ***AutoCAD*** изменение масштаба выполняется всевозможными модификациями команды ***ZOOM*** (Покажи) из панели инструментов ***Zoom*** (рис. 155).

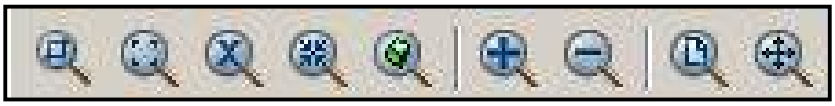


Рис. 155.

Выполнение этой команды производит тот же эффект, что и настройка объектива с переменным фокусным расстоянием, который используется в теле- и кинокамерах. При зуммировании размеры рисунка остаются прежними, изменяется лишь размер его части, видимой в графической области. Команды ***Zoom*** могут вызываться из падающего меню ***View*** (Вид) → ***ZOOM*** (Покажи) стандартной панели инструментов. Ниже приводится описание каждой команды.



– ***Zoom Realtime*** (Зумирование в реальном времени) – увеличение или уменьшение видимого размера объекта на текущем видовом экране;



– ***Zoom Previous*** (Показать Предыдущий) – возврат к показу предыдущего вида;



– ***Zoom Window*** (Показать Рамка –указание области отображения с использованием рамки. Для этого следует задать два противоположных угла прямоугольной рамки.;



– ***Zoom Dinamic*** – динамическое задание области отображения. Отображает видимую часть чертежа в рамке, представляющего текущий вид. При нажатии клавиши ***Enter*** изображение, заключенное в видовом экране, выводится на видовой экран.



– ***Zoom Scale*** (Показать масштаб) – задание масштабного коэффициента. Используется, если изображение требуется уменьшить или увеличить на точно заданную величину. При этом необходимо задать коэффициент экранного увеличения.



– ***Zoom Center*** (Показать центр) – задание области изображения путем ввода точки центра и высоты в единицах рисунка;



– ***Zoom Object*** (Показать объект) – задание области отображения путем выбора объекта или группы объектов;



– ***Zoom In*** (Увеличить) – увеличение изображения;



– ***Zoom Out*** (Уменьшить) – уменьшение изображения;



– ***Zoom All*** (Показать все) – отображение всей области чертежа или области внутри границ, если заданы границы. Позволяет увидеть на экране весь чертёж;



– ***Zoom Extents*** (Показать границы) – отображение области, которая содержит все примитивы чертежа.

23. ПАНОРАМИРОВАНИЕ



– ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени. При перемещении курсора по видовому экрану происходит динамическое перемещение изображения. Для активизации команды можно щелкнуть мышью по кнопке ***Pan Realtime*** (Панорамирование в реальном времени) стандартной панели инструментов либо выбрать команду из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Pan*** (Панорамировать) → ***Real Time*** (В реальном времени).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Создать шаблон чертежа формата А4 и А3 с основной надписью (рис. 156).

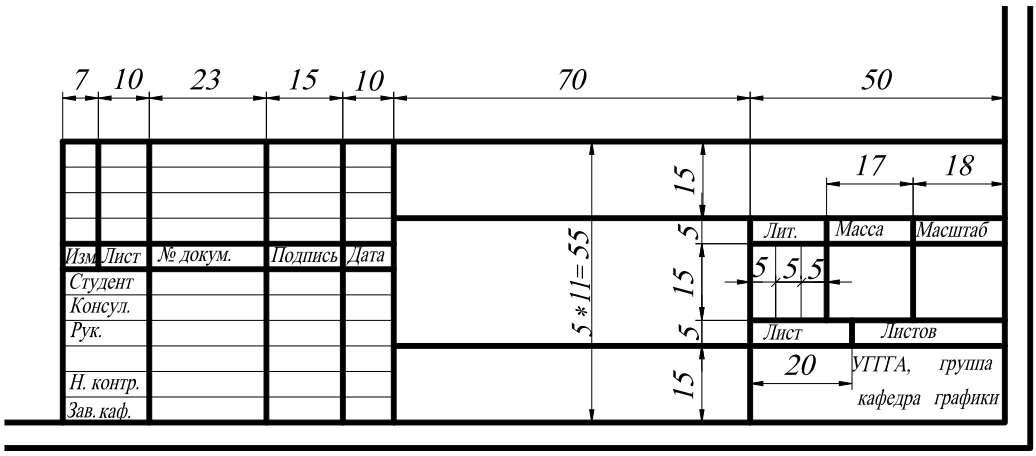


Рис. 156.

2. Выполнить чертёж детали (прил. 1) на формате А3 в масштабе 1:1.

3. По двум заданным изображениям детали (прил. 2) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

4. По двум заданным изображениям детали (прил. 3) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

5. По двум заданным изображениям детали (прил. 4) построить проекционный чертеж в трех проекциях. Формат А3, масштаб 1:1. Применить необходимые разрезы и сечения (в соответствии с ГОСТ 2.305 – 68). Нанести размеры. Заполнить основную надпись.

Глава 3
ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система ***AutoCAD*** включает в себя достаточно широкий спектр средств трёхмерного моделирования. Они позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Основные типы пространственных моделей, используемых в ***AutoCAD***, можно условно разделить на три группы:

- каркасные;
- модели поверхностей;
- твердотельные.

Каркасная модель – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия – построить его каркас. Построение каркасных моделей в ***AutoCAD*** рассматривается как этап вспомогательных построений для трёхмерного проектирования более высокого уровня.

Поверхностная модель – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Создаваемые при этом объекты характеризуются лишь конфигурацией своей поверхности и поэтому не пригодны для решения таких задач, как определение инерционно-массовых характеристик изделия или получение изображений для оформления чертежей. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и др. В данном случае можно создавать линейчатые поверхности, поверхности Кунса, поверхности Безье.

Твердотельное моделирование является основным видом трехмерного проектирования изделий машиностроения. Создаваемые твердотельные модели воспринимаются системой как некие единые объекты, имеющие определенный объем. Твердотельное моделирование позволяет решать не только компоновочные задачи, но и определять инерционно-массовые характеристики, а также получать с пространственного объекта необходимые виды, разрезы и сечения для оформления рабочей документации.

В данном пособии рассматривается построение каркасных моделей и твердотельных. Кроме создания вышеперечисленных трехмерных моделей рассматриваются средства их редактирования, средства просмотра объемного изображения и визуализации.

2. ЗАДАНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ КООРДИНАТ

Задание координат точек при работе в трехмерном пространстве может производиться с помощью клавиатуры или с помощью графического курсора. При этом необходимо дополнительно указывать координату, определяющую положение точки вдоль оси ***Z***. Точка может быть задана:

- *абсолютными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические);*
- *относительными координатами (прямоугольные, цилиндрические, сферические)*.

Цилиндрические и сферические координаты подобны полярным координатам в двумерном пространстве.

1. Ввод значений *абсолютных координат* в системе ***AutoCAD*** может осуществляться в следующих форматах:

- *Прямоугольные (декартовы) координаты*: **…point: x, y, z**.

В случае использования такого формата необходимо на запрос системы о местоположении точки ввести с клавиатуры численное значение координаты ***x***, затем через запятую – значение координат ***y*** и ***z***, а также направление (+ или -).

- *Цилиндрические координаты:* **…point: ρ < φ, z**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), специальный символ < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем через запятую – координату точки по оси ***Z***. За положительное направление отсчета угла поворота вектора в плоскости ***XY*** принято вращение против часовой стрелки от положительного направления оси ***X***.
- *Сферические координаты:* **…point: ρ < φ < ψ**.
  Эти координаты измеряются от точки начала текущей системы координат. При использовании данных координат на запрос о местоположении точки следует ввести длину вектора (расстояние от начала координат до точки), а далее через специальные символы < (знак «меньше»), угол поворота в плоскости ***XY***, а затем угол наклона вектора относительно плоскости ***XY***.

2. Относительные координаты не ссылаются на точку начала системы отсчёта. *Относительные координаты* – это смещение по осям ***X***, ***Y*** и **Z** от предыдущей введённой точки.

- *Прямоугольные координаты*: **…point: @Δx,Δy**.

Для ввода относительных прямоугольных координат точек необходимо сначала ввести специальный символ **@**, который вводится нажатием комбинации клавиш ***SHIFT+2***, а затем приращение по оси абсцисс ***x***, запятую, приращение по оси ординат ***y*** и приращение по оси ***z***.

- *Цилиндрические координаты*: **…point: @ρ<φ, Δ z**.
- *Сферические координаты*: **…point: @ρ < φ < ψ**.

Особенностью задания координат точек с помощью графического курсора при работе в трёхмерном пространстве является то, что по умолчанию все указываемые точки воспринимаются системой как лежащие в плоскости ***XY*** текущей системы координат. Поэтому при указании точек подобным образом следует использовать объектную привязку или соответствующим образом изменять систему координат.

Некоторые типы объектов, например окружности и плоские полилинии, могут создаваться только в плоскостях, параллельных плоскости ***XY*** текущей системы координат. При этом положение плоскости, в которой расположен такой объект, вдоль оси ***Z*** определяется положением первой указанной точки. Так, например, если при создании плоской полилинии в ответ на первый запрос была указана точка с координатой ***Z***, равной 20, то и все остальные точки полилинии будут иметь ту же координату вдоль оси ***Z*** независимо от способа ввода координат и использования режима объектной привязки.

3. ЗАДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

При создании двумерных объектов пользователь, как правило, работает в одной плоскости проекций – ***XY***, и ему зачастую бывает достаточно использовать одну, устанавливаемую по умолчанию, пользовательскую систему координат. Построение трехмерных объектов требует работы и с другими плоскостями проекций. Если учесть, что курсор в ***AutoCAD*** может перемещаться только в плоскости ***XY*** и ей параллельной, то становится понятно, что создание трехмерных моделей при использовании только одной системы координат является трудоемким.

В ***AutoCAD*** существуют две основные системы координат – мировая система координат ***Word Coordinate System WCS*** (МСК) и пользовательская система координат ***User Coordinate System UCS*** (ПСК). Ось ***X*** мировой системы координат направлена горизонтально, ось ***Y*** – вертикально, а ось ***Z*** – проходит перпендикулярно плоскости ***XY***. Основное отличие миро-

вой системы координат ***WCS*** (МСК) от пользовательской системы координат ***UCS*** (ПСК) заключается в том, что мировая система координат может быть только одна, и она неподвижна. В ***AutoCAD*** можно определять и использовать неограниченное количество пользовательских систем координат ***UCS*** (ПСК).

Вызвать команду ***UCS*** (ПСК) или варианты её исполнения можно из командной строки или из падающего меню ***Tools*** (Сервис). Наиболее удобным представляется вызов команды ***UCS*** (ПСК) из стандартной или плавающей панели инструментов (рис. 157).

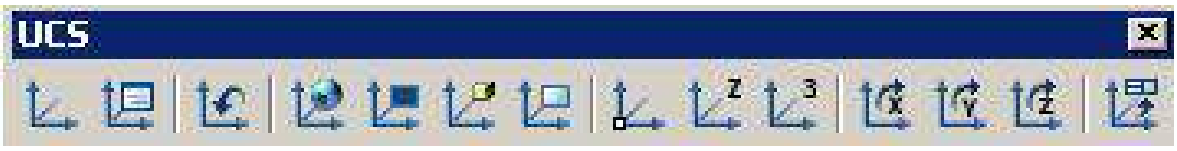


Рис. 157.



- Команда ***UCS*** (ПСК) – определение новой пользовательской системы координат. Вызов команды ***USK*** (ПСК);



- ***Display UCS Dialog*** (Диалоговое окно ПСК) – управление имеющимися пользовательскими системами координат из диалогового окна ***UCS*** (рис. 158).

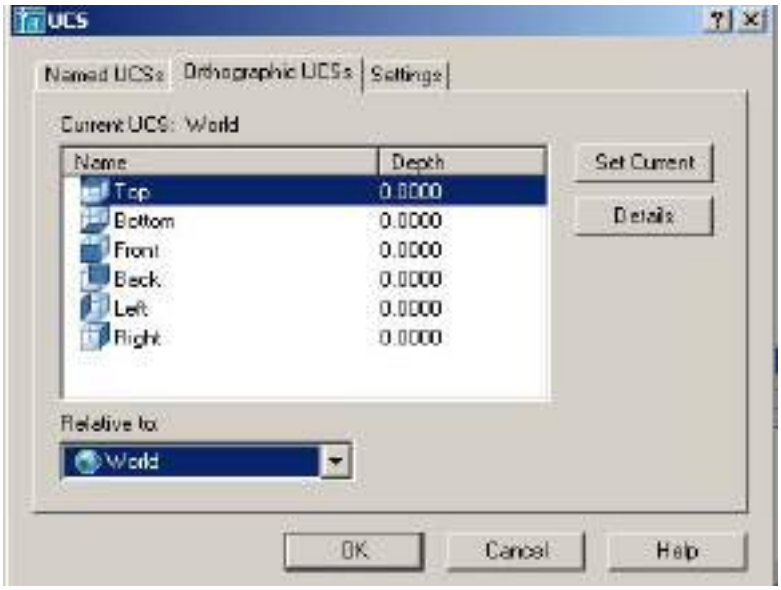


Рис. 158.



- ***UCS Previous*** (Предыдущая ПСК) – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК.



- ***Word UCS*** (МСК) – переход в мировую систему координат;



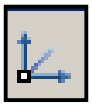
- ***Object UCS*** (ПСК объект) – выравнивание системы координат по существующему объекту, то есть совмещение плоскости ***XY*** новой системы координат с плоскостью существующего двумерного объекта;



- ***Face UCS*** (ПСК на грани) – создание новой ПСК путем указания грани;



- ***View UCS*** (ПСК вид) – создание новой ПСК параллельно текущему виду поворотом вокруг начальной точки ПСК, иначе говоря, параллельно экрану;



- ***Origin UCS*** (ПСК Начало) – создание новой ПСК заданием нового начала координат;



- ***ZAxis Vector UCS*** (ПСК Zось) – создание новой ПСК заданием нового начала координат и точки, определяющей положительное направление оси ***Z***;



- ***3Point UCS*** (ПСК 3 точки) – создание новой ПСК по 3 точкам, последовательно определяющим новое начало координат и направление осей ***X*** и ***Y***;



- ***XAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***X***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***X***;



- ***YAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Y***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Y***;



- ***ZAxis Rotate UCS*** (ПСК повернуть вокруг оси ***Z***) – создание новой ПСК поворотом текущей ПСК вокруг оси ***Z***;



- ***Apply UCS*** (Применить ПСК) – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

При создании пользовательской системы координат направление её координатных осей удобно определять по правилу правой руки: большой палец показывает направление положительных значений по оси ***X***, указательный – по оси ***Y***, средний по оси ***Z*** (рис. 159). Для определения положительного направления угла поворота следует большой палец правой руки направить в положительном направлении координатной оси, вокруг которой осуществляется вращение. Тогда согнутые пальцы покажут положительное направление угла поворота системы координат (рис. 160).

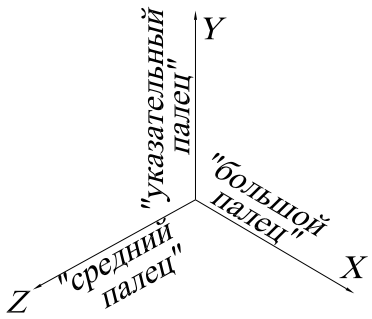


Рис. 159.

Изменение текущей ПСК не влияет на изображение чертежа на экране, если не включена системная переменная ***UCSFOLLOW***. Если ***UCSFOLLOW*** имеет значение 1, то при определении новой ПСК на экране изображается вид в плане новой ПСК.

Выполнить упражнения № 89, 90.

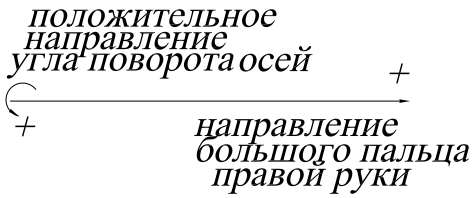
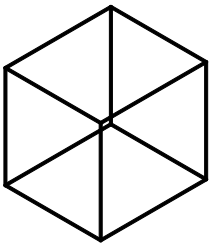
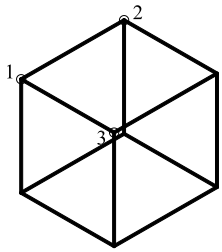
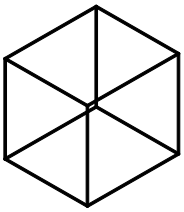
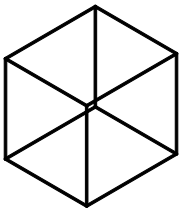


Рис. 160.

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 89
 ***3Point UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ 3 Point***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _3 режим задания ПСК по трём точкам   Specify new origin point <0,0,0>: указать центр ПСК – точку 1   Specify point on positive portion of X-axis <0,0>: указать точку 2 (направление оси 0X)   Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <0,0>: указать точку 3 (направление оси 0Y)
 

Задать пользовательскую систему координат тремя точками № 90
 ***View UCS*** Падающее меню ***Tools → New UCS→ View***   Current ucs name: *WORLD*   Enter an option [New/Move/□rthographic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: _v режим, параллельный плоскости текущего вида (в этом режиме можно выполнять любые надписи, как и в двумерном моделировании).
 

4. ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИ И ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА

На нижней полке рамки графической зоны находятся корешки вкладок ***Model*** (Модель) и ***Layout*** (Компоновка). Последних может быть несколько, причем каждой очередной присваивается возрастающий номер. На вкладке ***Model*** (Модель) выполняется вся творческая часть работы конструктора. На вкладках ***Layout*** (Компоновка) компонуется представление разработанной модели на виртуальном листе чертежа в виде плоского рисунка, причем одна модель может быть представлена несколькими компоновками на разных вкладках. Переключаясь со вкладки ***Model*** (Модель) на вкладку ***Layout*** (Компоновка), пользователь фактически переходит из трехмерного пространства модели в двухмерное пространство листа, на котором представлена эта модель.

После перехода на очередную вкладку ***Layout*** (Компоновка) можно приступать к компоновке чертеже из элементов модели, созданных в пространстве модели. Компоновка выполняется активизацией команд контекстного меню, которое активизируется щелчком правой кнопки мыши на корешке вкладки ***Layout*** (Компоновка).

Переключаться между пространствами модели и листа можно также с помощью кнопки ***MODEL/PAPER*** (МОДЕЛЬ/ЛИСТ) в строке состояния.

5. ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ

Видовой экран (***Viewport***) – это участок графического экрана, на котором отображается часть пространства модели чертежа. Существует два типа видовых экранов – неперекрывающиеся и перекрывающиеся. Неперекрывающиеся видовые экраны располагаются на экране монитора подобно кафельным плиткам на стене. Они полностью заполняют графическую зону и не могут накладываться друг на друга. На плоттер неперекрывающиеся видовые экраны могут выводиться только по одному. Перекрывающиеся видовые экраны могут располагаться на экране и перемещаться по нему произвольным образом. Эти экраны могут накладываться друг на друга и печататься одновременно.

5.1. СОЗДАНИЕ НЕПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ВИДОВЫХ ЭКРАНОВ

Графическую область в пространстве модели можно разбить на несколько неперекрывающихся видовых экранов. В процессе рисования все изменения, производимые на одном видовом экране, отражаются на остальных. Переключиться с одного видового экрана на другой можно в любой момент, даже в ходе выполнения команды. Границы активного видового экрана выделяются более толстой линией. Активизировать видовые экраны по очереди можно, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+R> или щелкнув мышью на поле видового экрана.

Для создания видовых экранов используется команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН), вызывающая диалоговое окно ***Viewports*** (Видовые экраны), показанное на рис. 161. С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся видовых экранов, каждый из которых может содержать собственный вид чертежа.



- Команда ***VPORTS*** (ВЭКРАН) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны).

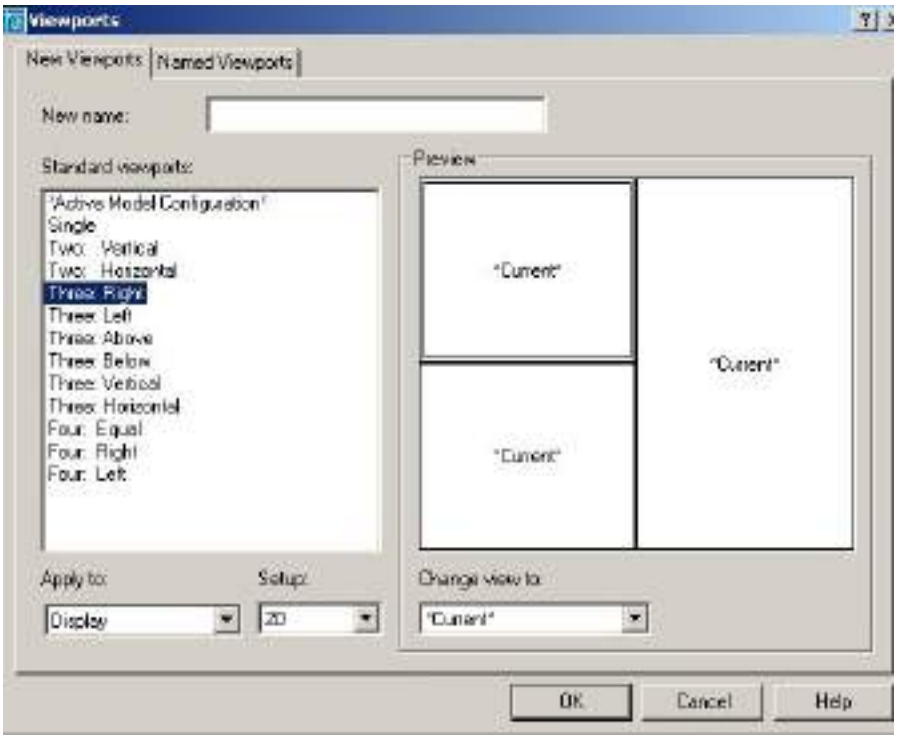
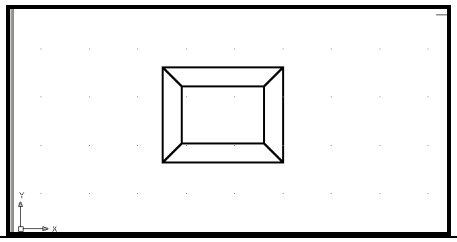
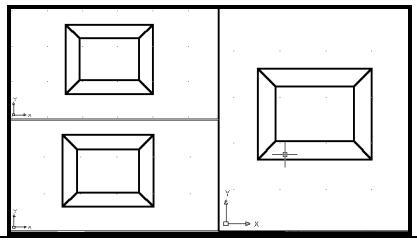


Рис. 161.

Выполнить упражнение № 91.

Создать три видовых экрана	*№ 91*
VPORTS Падающее меню ***View → Viewports → New Viewports…*** Enter an option [Save/Restore/Delete/Join/SIngle/?/2/3/4] <3>: _3 Enter a configuration option [Horizontal/Vertical/Above/Below/Left/Right] <Right>: Enter Regenerating model.	
	

6. УСТАНОВКА ВИДОВ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПОЛЕ

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта. Возможно, что изображение объекта будет достаточно информативным на одном виде и нечитаемым – на другом. В любом случае при работе с трехмерными объектами следует установить несколько видовых экранов, например, один – с видом в плане, другой – с видом слева, а третий – с аксонометрическим видом.

Установка направления взгляда производится в начале работы с моделью или в процессе создания модели. ***AutoCAD*** позволяет взглянуть на модель из любой точки пространства, даже изнутри изображаемого объекта. Установку нового вида в пространстве модели можно произвести с помощью команд:

1. ***VPOINT*** (Точка зрения) – позволяет вводить из командной строки точку зрения или угол поворота вида.
2. ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) – отображает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения).
3. ***PLAN*** (План) – отображает вид в плане пользовательской или мировой системы координат.
4. ***DVIEW*** (Динамический вид) – определяет параллельную проекцию или перспективные виды.
5. ***3DORBIT*** (3-Орбита) – интерактивное отображение видов.

6.1. УСТАНОВКА НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА

Команда ***VPOINT*** (Точка зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***VPOINT*** (Точка зрения) или вводом в командную строку слова ***VPOINT*** с клавиатуры.

В ответ на команду система сообщает справочную информацию:

Current view direction: VIEWDIR=1.0000,-1.0000,1.0000

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>:

Возможные ответы:

- задать направление взгляда при определении вида, указав на графическом экране произвольную точку;
- нажать клавишу ***Enter***. На экране появляются компас и тройка осей, представляющие проекцию глобуса на плоскости. Центральная точка компаса совпадает с Северным

полюсом (0, 0, 1), внутренняя окружность – с экватором (n, n, 0), а внешняя – с Южным полюсом (0, 0, -1). Угол направления взгляда определяется указанием точки внутри компаса, а угол между направлением взгляда и плоскостью ***XY*** – ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с точкой зрения на компасе изменяется ориентация тройки осей. Передвигая с помощью мыши перекрестие внутри окружностей и контролируя получившийся вид по тройке осей системы координат, можно получить требуемый вид.

- ***Rotate*** (Поворот) используется, если необходимо задать направление взгляда при определении вида путем указания.

Удобно также использовать плавающую панель инструментов ***View*** (Вид), содержащую ряд кнопок с типовыми видами объекта (рис. 162).



Рис. 162.

 — ***Named View*** (Именованные виды) – создание и сохранение видов;

 — ***Top View*** (Вид сверху) – установка точки зрения сверху (план, горизонтальная проекция);

 — ***Bottom View*** (Вид снизу) – установка точки зрения снизу;

 — ***Left View*** (Вид слева) – установка точки зрения слева (профильная проекция);

 — ***Right View*** (Вид справа) – установка точки зрения справа;

 — ***Front View*** (Вид спереди) – установка точки зрения спереди (фронтальная проекция);

 — ***Back View*** (Вид сзади) – установка точки зрения сзади;

 — ***SW Isometric View*** (ЮЗ изометрия) – установка юго-западного изометрического вида;

 — ***SE Isometric View*** (ЮВ изометрия) – установка юго-восточного изометрического вида;

 — ***NE Isometric View*** (СВ изометрия) – установка северо-восточного изометрического вида;



— ***NW Isometric View*** (СЗ изометрия) – установка северо-западного изометрического вида;



— ***Camera*** (Камера) – включение и установка положения камеры и цели.

Выполнить упражнение № 92.

Установить направление взгляда в трёх видовых окнах ***№ 92***

Падающее меню ***View → 3D Views***

В верхнем левом видовом окне установить Front (Вид спереди), вначале активизируйте это окно щелчком мыши на поле окна

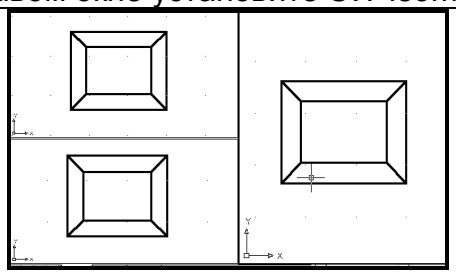


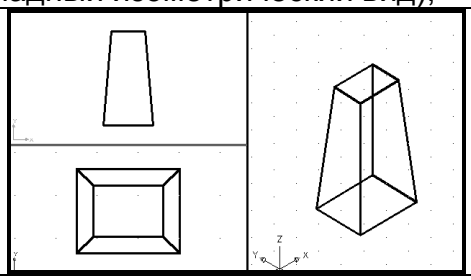
В нижнем левом видовом окне установить Top (Вид сверху), сделав это окно активным.





В правом окне установите SW Isometric (Юго-западный изометрический вид),





6.2. ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДА С ПОМОЩЬЮ ДИАЛОГОВОГО ОКНА

Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

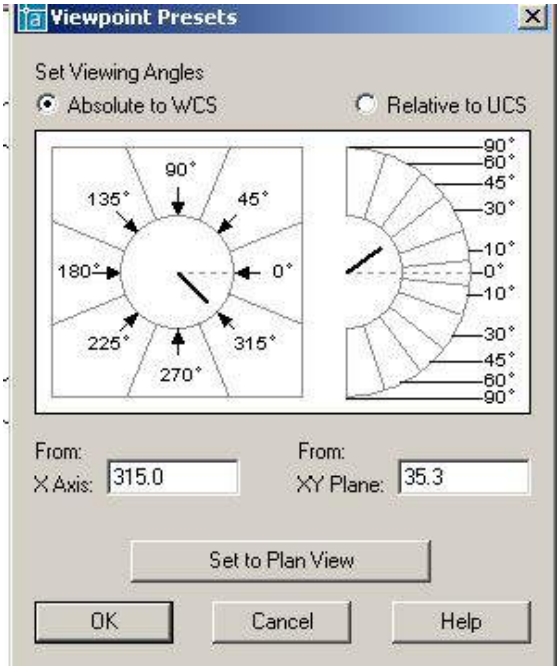


Рис. 163.

В ответ на команду система открывает диалоговое окно ***Viewpoint Presets*** (Задание точки зрения), представленное на рис. 163. Окно содержит следующие элементы управления: две кнопки выбора, графическое поле, два поля ввода и кнопку ***Set to Plan View***.

- Кнопка выбора ***Absolute to WCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно мировой системы координат.
- Кнопка выбора ***Relative to UCS*** устанавливает режим указания направления взгляда относительно текущей системы координат.
- Графическое поле позволяет задать направление взгляда при помощи графического курсора.
- Поле ввода ***X axis*** позволяет задать числовое значение угла в плоскости ***XY*** между направлением взгляда и осью ***X***.

- Поле ввода ***XY Plane*** позволяет задать числовое значение угла между направлением взгляда и плоскостью ***XY***.
- Кнопка ***Set to Plan View*** задает направление взгляда, перпендикулярное плоскости ***XY*** текущей системы координат.

Команда ***DVIEW*** (Динамический вид). Установить направление взгляда можно с помощью команды ***DVIEW*** (Динамический вид), предназначенной для получения динамических трехмерных и перспективных видов. Эта команда используется также для зуммирования, панорамирования и вращения видов. Кроме того, с её помощью можно удалять с экрана объекты, расположенные перед секущей плоскостью или позади нее, а также скрытые линии – при динамическом просмотре объектов. Команда действует по принципу камеры, направленной в сторону цели. Линия между камерой и целью – это линия взгляда или направление взгляда. Имеется возможность при моделировании изменять фокусное расстояние «объектива» камеры от широкоугольного до телеобъектива. После выполнения команды чертеж полностью регенерируется.

6.3. УСТАНОВКА ПЛАНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

PLAN (План) – позволяет получить ортогональную проекцию объектов на плоскость ***XY*** текущей, мировой или пользовательской систем координат. Пользоваться этой командой в пространстве листа недопустимо.

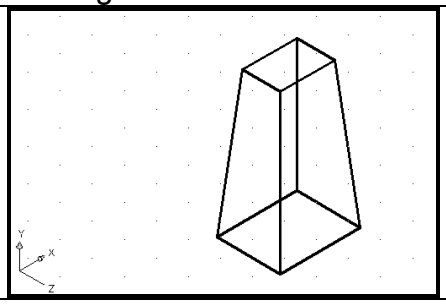
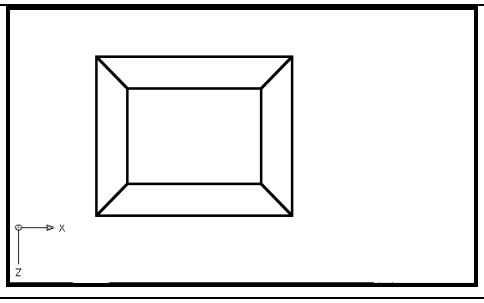
Команда ***PLAN*** (План) → ***Plan View*** (Вид в плане) соответственно пункты ***Current UCS*** (Текущая ПСК), ***World UCS*** (МСК) или ***Names UCS*** (По имени).

Опции команды:

- ***Current UCS*** (Текущая ПСК) – создает изображение текущей ПСК в плане на текущем видовом экране. Используется по умолчанию;
- ***UCS*** (ПСК) – переключает в план предварительно сохраненной ПСК и регенерирует изображение. ***AutoCAD*** запрашивает имя требуемой ПСК;
- ***World*** (Мир) – создает изображение в плане мировой системы координат.

Команда ***PLAN*** (План) изменяет направление взгляда и отключает перспективу, но не меняет текущей ПСК. Все координаты, вводимые или отображаемые после запуска этой команды, берутся относительно текущей ПСК.

Выполнить упражнения № 93.

Установить вид в плане	***№ 93***
Plan Падающее меню ***View → 3D Views → Plan View → World UCS*** Enter an option [Current ucs/Ucs/World] <Current>: _w Regenerating model.	
	

6.4. УСТАНОВКА ОРТОГОНАЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ВИДОВ



Для установки ортогональных и аксонометрических видов служит закладка ***Orthographic & Isometric Views*** (Ортогональные и изометрические виды) диалогового окна ***View*** (Вид), показанного на рис. 164. Это диалоговое окно вызывается вводом в командную строку слова ***VIEW*** с клавиатуры или из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View…*** (3М Виды…). Кроме этого, можно щелкнуть на пиктограмме ***Named Views*** (Именованные виды) плавающей панели инструментов ***View*** (Вид), представленной на рис. 162.

Ортогональный вид, помещаемый на видовой экран, базируется по умолчанию на мировой системе координат. Однако пользователь может установить в качестве базовой любую из имеющихся в диалоговом окне именованных пользовательских систем координат (ПСК). После выбора одной из ПСК необходимо сделать эту систему текущей, то есть нажать кнопку ***Set Current***, в подтверждении, что выбранная ПСК является текущей, рядом с её названием появляется маркер. Нажатием кнопки ***OK AutoCAD*** выводит на экран выбранную пользовательскую систему координат.

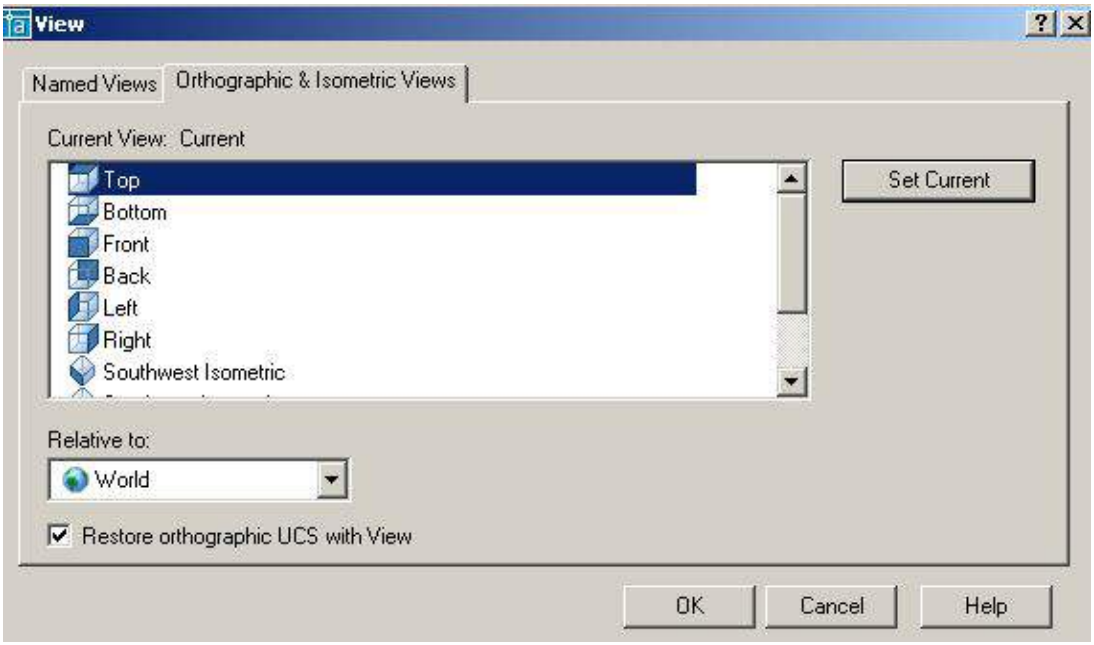


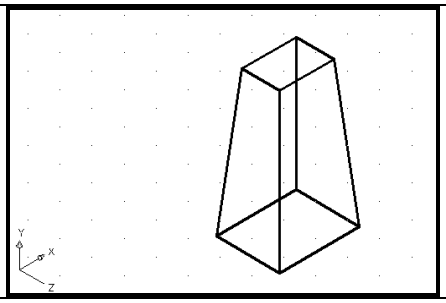
Рис. 164.

6.5. ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОЧКОЙ ВЗГЛЯДА



Команда ***3DORBIT*** (3-орбита) позволяет задать направление взгляда при определении вида и параметры отображения. Вид модели в это время управляется с помощью устройства указания, то есть изменение направления взгляда при определении вида производится путем перемещения мыши при нажатой левой кнопке. С орбиты могут рассматриваться как вся модель, так и её отдельные части. Команда вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D Orbit*** (3М Орбита) или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) стандартной панели инструментов, или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Orbit*** (3М Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***, или вводом в командную строку слова ***3DORBIT*** с клавиатуры. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Выполнить упражнение № 94.

Установить точку зрения	*№ 94*
 ***3D Orbit*** Падающее меню ***View → 3D Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, установить желаемую точку зрения Для выхода из команды нажать Enter.	
	

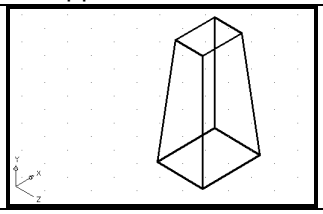
6.6. ДИНАМИЧЕСКОЕ ВРАЩЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ



Команда ***3DCORBIT*** (3МД Орбита) позволяет просматривать вращающееся изображение объектов в режиме реального времени. Команда вызывается вводом в командную строку слова ***3DCORBIT*** с клавиатуры или щелчком мыши по пиктограмме ***3D Continuous Orbit*** (3МД Орбита) плавающей панели инструментов ***3D Orbit***. Для завершения работы с командой необходимо нажать клавишу ***Enter***.

Вращение изображения объектов задается путем перемещения курсора по графическому полю экрана при нажатой левой кнопке мыши. При этом направление вращения определяется направлением перемещения курсора, а скорость вращения – скоростью перемещения курсора. Вращение изображения начинается после того, как будет отпущена левая кнопка мыши.

Выполнить упражнение № 95.

Установить точку зрения	*№ 95*
 ***3DC Orbit*** Удерживая нажатой левую кнопку мыши, задать вращательный момент детали и отпустить кнопку. Для фиксации точки зрения сделать щелчок мышью. Для выхода из команды нажать Enter.	
	

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРКАСОВ

Элементарными трехмерными объектами системы ***AutoCAD*****,** предназначенными, прежде всего для каркасного моделирования, являются отрезки, сплайны и полилинии. Первые два типа объектов создаются при помощи тех же команд ***LINE*** и ***SPLINE***, которые используются при плоском черчении. Особенностью при их использовании в трёхмерном пространстве является то, что при задании координат точек следует указывать и координату по оси ***Z*** (при плоском черчении эта координата опускается). При указании точек графическим курсором следует пользоваться объектной привязкой, так как в противном случае система воспринимает указанные точки как лежащие на плоскости ***XY*** текущей системы координат. Трех-

мерные полилинии создаются при помощи специальной команды ***3DPOLY***. Эта команда позволяет создавать полилинию, состоящую только из прямолинейных сегментов, поэтому для создания сглаженных линий используют команду ***REDIT*** (Редактирование трехмерных полилиний).

7.1. ТРЕХМЕРНАЯ ПОЛИЛИНИЯ

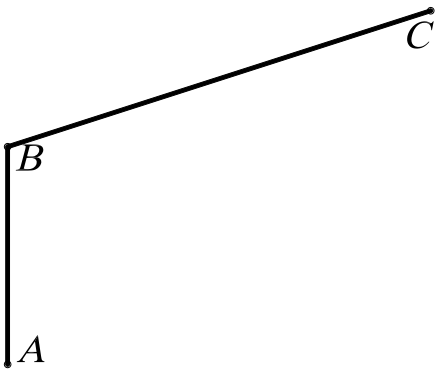


Команда ***3DPOLY*** (3М ПЛиния) – построение трехмерной полилинии – вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***3Dpoly*** (3М ПЛиния), щелчком мыши по пиктограмме ***3Dpoly*** (3М ПЛиния) панели инструментов ***Draw*** (Рисовать) или вводом в командную строку слова ***3DPOLY*** с клавиатуры

Опции команды:

- ***Undo*** (Отмена) – используется для отмены создания последнего отрезка;
- ***Close*** (Замкнуть) – используется для замыкания построенной полилинии и завершения работы с командой.

Выполнить упражнение № 96.

Построить трехмерную полилинию	***№ 96***
 ***3D Polyline*** Падающее меню ***Draw*** → ***3D Polyline*** Specify start point of polyline: 100,100,0 Specify endpoint of line or [Undo]: @0,0,80 Specify endpoint of line or [Undo]: @90,90,50 Specify endpoint of line or [Close/Undo]:	
	

7.2. СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПОЛИЛИНИИ



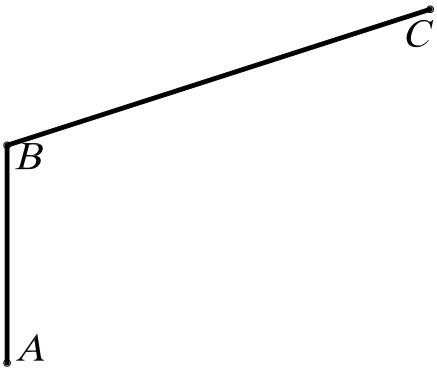
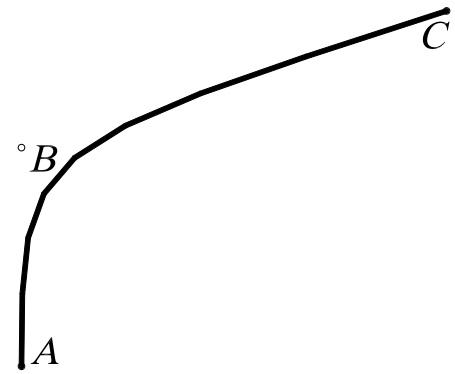
- ***PEDIT*** (Изменить полилинию) позволяет редактировать трехмерные полилинии и вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Object*** (Объект) →***Polyline*** (Полилиния), щелчком мыши по пиктограмме ***Pedit*** (Изменить полилинию) панели инструментов ***Modify II*** (Редактировать II) или вводом в командную строку слова ***PEDIT*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Multiple*** (Много) – используется, если необходимо одинаковым образом отредактировать несколько полилиний; в этом случае система потребует указать эти полилинии;

- ***Close*** (Замкнуть) – используется, если необходимо замкнуть полилинию, при этом система добавляет сегмент, соединяющий начальную и конечную точки полилинии; если выбранная полилиния замкнута, то в списке параметров вариант ***Close*** заменяется вариантом ***Open***;
- ***Open*** (Разомкнуть) – используется, если необходимо разомкнуть полилинию, при этом система удаляет сегмент, соединяющий конечную и начальную точки;
- ***Edit vertex*** (Редактировать вершину) – используется для редактирования вершин полилинии. Дальнейшая работа в режиме редактирования вершин производится так же, как и в случае редактирования плоской полилинии;
- ***Spline curve*** (Сгладить) – используется для преобразования полилинии в гладкую с использованием аппарата B-сплайнов, при этом данная кривая в общем случае не приходит через вершины исходной полилинии;
- ***Decurve*** (Отменить сглаживание) – используется для отмены преобразования полилинии в гладкую кривую;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего изменения.

Выполнить упражнение № 97

Сгладить трехмерную полилинию	***№ 97***
	***PEDIT*** Падающее меню ***Modify → Object→ Polyline*** Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: s режим сглаживания полилинии Enter an option [Close/Edit vertex/Spline curve/Decurve/Undo]: Enter
	

8. ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Команды построения твердотельных объектов (примитивов) запускаются из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) или из плавающей панели инструментов ***Solids*** (Тела), представленной на рис. 165.



Рис. 165.

При создании твердотельных примитивов используется три основных способа:

1. Стандартные библиотечные тела: ***Box*** (Ящик), ***Wedge*** (Клин), ***Cone*** (Конус), ***Cylinder*** (Цилиндр), ***Sphere*** (Шар), ***Torus*** (Тор). Задание количества изолиний при создании стандартных (библиотечных) тел вращения выполняется системной переменной ***ISOLINES*** (по умолчанию количество изолиний равно четырем). Для увеличения количества в командную строку вводится слово ***ISOLINES*** с клавиатуры, а затем нужное количество.

2. Тела пользователя (примитивы заданной формы) создаются путем выдавливания, осуществляемого командой ***Extrude*** (Выдавить), или вращения – командой ***Revolve*** (Вращать) – двумерного объекта (плоского контура) ***Region***.

3. Тела, созданные комбинированием нескольких тел, с использованием команд ***Union*** (Объединение), ***Subtract*** (Вычитание), ***Intersect*** (Пересечение), которые запускаются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) или из плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

9. СТАНДАРТНЫЕ ТЕЛА

9.1. ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД

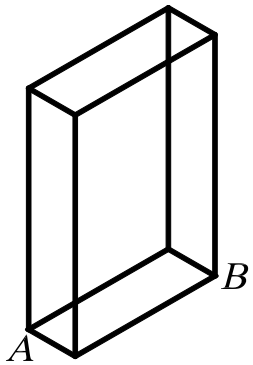


– Команда ***Box*** (Ящик) – формирование твердотельного параллелепипеда (ящика, куба) с ребрами, параллельными осям текущей системы координат, то есть основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей ПСК. Команда ***Box*** (Ящик) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Box*** (Ящик) или щелчком мыши по пиктограмме ***Box*** (Ящик) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Center*** (Центр) – определяет параллелепипед с помощью указания его центральной точки;
- ***Cube*** (Куб) – создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны;
- ***Length*** (Длина) – создает параллелепипед с заданными длиной (по оси X), шириной (по оси Y) и высотой (по оси Z) текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 98.

Построить параллелепипед	***№ 98***
 ***Box*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Box*** Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: 100,100 указать первый угол A основания параллелепипеда Specify corner or [Cube/Length]: 120,160 указать второй угол B основания параллелепипеда Specify height: 90 высота параллелепипеда	
	

9.2. КЛИН



– Команда ***Wedge*** (Клин) – построение прямой призмы («клина») с основанием в виде прямоугольного треугольника, параллельным плоскости ***XY*** текущей системы координат. Команда ***Wedge*** (Клин) вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Wedge*** (Клин) или щелчком мыши по пиктограмме ***Wedge*** (Клин) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

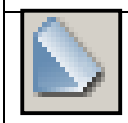
Основание клина всегда параллельно плоскости ***XY*** текущей системы координат, при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания. Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной.

Опции команды:

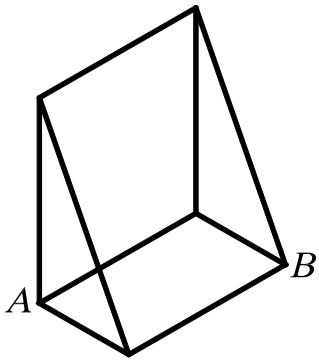
- ***CEnter*** (Центр клина) – точка пересечения диагоналей наклонной грани клина;
- ***Cube*** (Куб) – используется для построения призмы, вписанной в куб;
- ***Length*** (Длина) – используется для задания длин сторон нижней грани клина.

Выполнить упражнение № 99.

Построить клин (призму)	***№ 99***



Wedge Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Wedge***
Specify first corner of wedge or [Center] <0,0,0>: 150,130 указать точку A
Specify corner or [Cube/Length]: 190,200 указать точку B
Specify height: 80 высота.



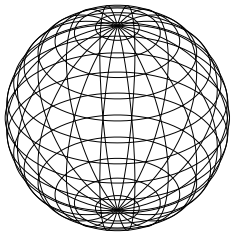
9.3. СФЕРА



– Команда ***Sphere*** (Сфера) – построение твердотельного шара (сферы), вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Sphere*** (Сфера) или щелчком мыши по пиктограмме ***Sphere*** (Сфера) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Сфера задается центром и радиусом (или диаметром), то есть при необходимости задания сферы центром и диаметром в командную строку ввести ***D*** (***Diameter)***. Ось вращения шара параллельна оси ***Z*** текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 100. Перед построением сферы, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить сферу	*№ 100*
	***Sphere*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Sphere*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of sphere <0,0,0>: 100,100,70 указать центр сферы Specify radius of sphere or [Diameter]: 50 величина радиуса
	

9.4. КОНУС



– Команда ***Cone*** (Конус) – построение твердотельного конуса, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Cone*** (Конус) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cone*** (Конус) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Eliptical*** (Эллиптический) – используется для построения эллиптического конуса;
- ***Axis endpoint*** (Конечная точка оси) – создает эллиптическое основание конуса, для чего нужно указать точками длину одной оси и половину другой оси, как при построении эллипса. Выбор этой опции осуществляется автоматически при указании координат точки;
- ***Center*** (Центр) – позволяет задать эллиптическое основание конуса, для чего следует указать координаты его центральной точки и значение радиуса по каждой из осей эллипса;
- ***Apex*** (Вершина) – определяет высоту и ориентацию конуса, для этого нужно любым известным способом задать положение вершины конуса;
- ***Height*** (Высота) – устанавливает только высоту конуса, но не ориентацию. Ориентация определяется знаком, стоящим перед значением высоты: при знаке «+» высота откладывается в сторону положительного значения оси ***Z***, при знаке «-» - в сторону отрицательного значения оси ***Z***, то есть строится нижняя или верхняя полупола конуса;
- ***Center point*** (Центральная точка) – создает круговое основание;
- ***Radius*** (Радиус) – позволяет задать круговое основание конуса, для чего нужно ввести центр и радиус основания;
- ***Diameter*** (Диаметр) – используется, если необходимо задать диаметр основания конуса.

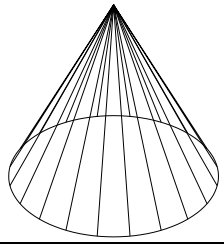
Выполнить упражнения № 101, 102.

Перед построением конуса, для улучшения наглядности изображения, увеличить число изолиний. Для этого в командную строку вводится слово ISOLINES с клавиатуры, а затем нужное количество: Enter new value for ISOLINES <4>: 20.

Построить круговой конус ***№ 101***



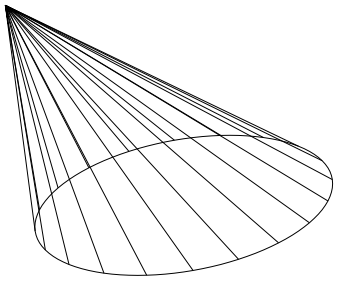
Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания
Specify radius for base of cone or [Diameter]: 45 радиус основания
Specify height of cone or [Apex]: 90 высота



Построить эллиптический конус ***№ 102***



Cone Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cone***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: E
режим эллиптического конуса
Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]: 100,100 указать первую точку первой оси эллипса (основания).
Specify second axis endpoint of ellipse for base of cone: 190,200 указать вторую точку первой оси эллипса (основания).
Specify length of other axis for base of cone: 30 указать длину половины второй оси эллипса (основания).
Specify height of cone or [Apex]: A режим для задания вершины конуса
Specify apex point: 110,100,90 координаты вершины конуса



9.5. ЦИЛИНДР



– Команда ***Cylinder*** (Цилиндр) – построение твердотельного цилиндра, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Cylinder*** (Цилиндр) или щелчком мыши по пиктограмме ***Cylinder*** (Цилиндр) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды ***Cylinder*** (Цилиндр) аналогичны опциям команды ***Cone*** (Конус). Ось цилиндра параллельна оси ***Z*** текущей системы координат. В данной команде опция ***Apex*** (Вершина) называется ***Center of other end*** (центр другого основания).

Выполнить упражнение № 103.

Построить цилиндр	***№ 103***

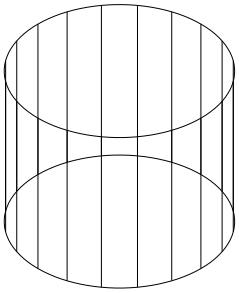
Cylinder Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Cylinder***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: 100,100 центр основания

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 50 радиус основания

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 80 высота



9.6. ТОР

– Команда ***Torus*** (Тор) – построение твердотельного тора, вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Torus*** (Тор) или щелчком мыши по пиктограмме ***Torus*** (Тор) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Тор (круговое кольцо) или открытый тор образуется при вращении окружности вокруг оси, лежащей в ее плоскости, но не проходящей через ее центр. У открытого тора различают внутреннюю часть – глобоид и внешнюю. Если окружность пересекает ось тора, то дуга окружности описывает поверхность, напоминающую форму мяча для регби, которая называется закрытым тором. У закрытого тора различают: тор-«яблоко» и тор-«веретено».

Для построения тора необходимо ввести значения двух радиусов: радиуса образующей окружности-трубы (***Tube***) и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра образующей окружности-трубы (***Tube***).

Выполнить упражнения № 104 - 106.

Построить открытый тор	***№ 104***

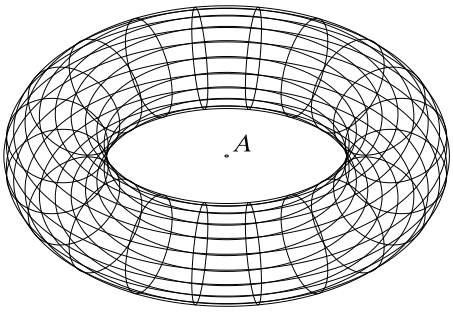
Torus Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus***

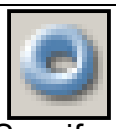
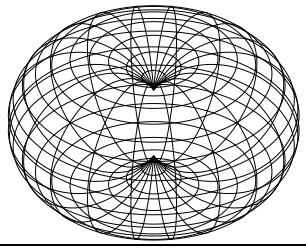
Current wire frame density: ISOLINES=20

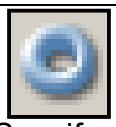
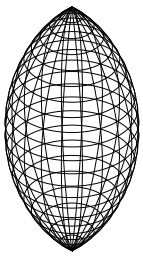
Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора – точка А

Specify radius of torus or [Diameter]: 100 указать радиус тора

Specify radius of tube or [Diameter]: 30 указать радиус образующей окружности-трубы



Построить тор-«яблоко»	*№ 105*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: 60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 70 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Построить тор-«веретено»	*№ 106*
 ***Torus*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Torus*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Specify center of torus <0,0,0>: 100,100,60 указать центр тора Specify radius of torus or [Diameter]: -60 указать радиус тора Specify radius of tube or [Diameter]: 90 указать радиус образующей окружности-трубы	
	

Радиус тора можно задавать отрицательным значением, но тогда значение радиуса образующей окружности должно быть положительным и превосходить абсолютное значение радиуса тора, то есть в этом случае получается закрытый тор. Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема).

10. ТЕЛА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

10.1. ВЫДАВЛЕННОЕ ТЕЛО

 – Команда ***Extrude*** (Выдавить) – позволяет создавать твердотельные объекты путем «выдавливания» плоского контура (добавляя высоту). Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опция команды:

- ***Path*** (Траектория) – используется для «выдавливания» объекта вдоль направляющей траектории.
- ***Taper angle*** (Угол конусности) – используется для задания угла конусности создаваемого тела, то есть угла между направлением выдавливания и образующими боковых поверхностей тела.

Исходными объектами для «выдавливания» могут являться плоские грани (примитивы ***3D Faces***), замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). «Выдавливание» объекта происходит перпендикулярно плос-

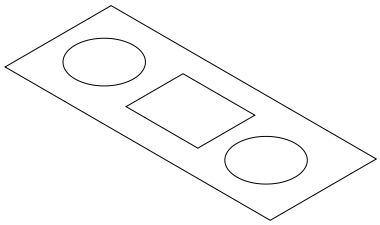
кости ***XY*** текущей системы координат. Объектами-направляющими, вдоль которых может производиться «выдавливание», могут служить отрезки, окружности, дуги окружностей, эллипсы, дуги эллипсов, полилинии или сплайны. При «выдавливании» контура вдоль направляющей угол его наклона относительно направляющей остается постоянным. При создании твердых тел исходные контуры удаляются.

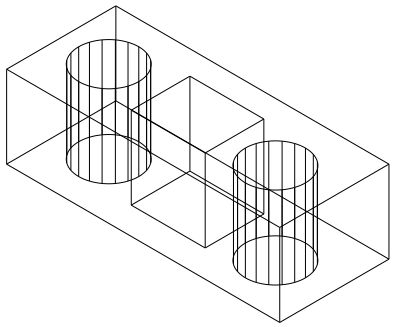
Выполнить упражнения № 107 – 110. Перед выполнением упражнений создайте плоские контуры типа ***Region*** или ***Pline***, ***3D Polyline***.

Построить выдавленное тело ***№ 107***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: Enter угол конусности равен нулю.

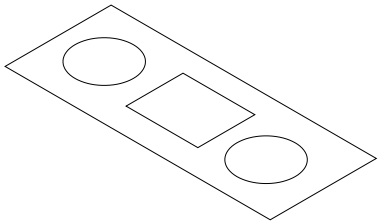


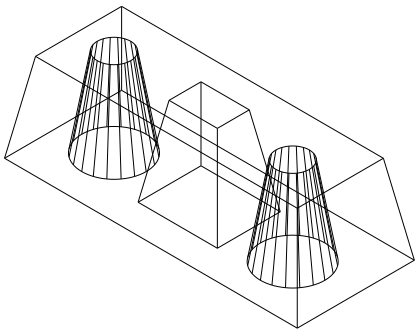


Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности ***№ 108***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***
Current wire frame density: ISOLINES=20
Select objects: Specify opposite corner: выбрать все объекты рамкой
Select objects: Enter
Specify height of extrusion or [Path]: 60 высота
Specify angle of taper for extrusion <0>: 10 угол конусности.





Значение угла конусности «выдавливаемого» тела должно лежать в пределах от -90^0 до $+90^0$, причем это значение не должно задавать создание самопересекающегося тела.

Построить выдавленное тело вдоль траектории полилинии ***№ 109***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

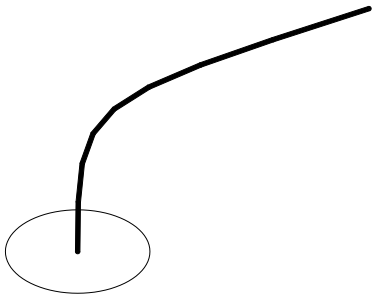
Current wire frame density: ISOLINES=20

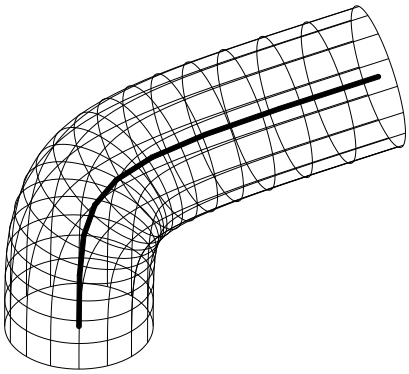
Select objects: указать на окружность

Select objects: Enter

Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: указать на полилинию





Построить выдавленное тело, имеющее угол конусности, вдоль траектории полилинии ***№ 110***



Extrude Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Extrude***

Current wire frame density: ISOLINES=20

Select objects: указать на окружность

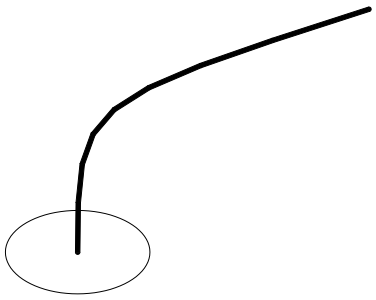
Select objects: Enter

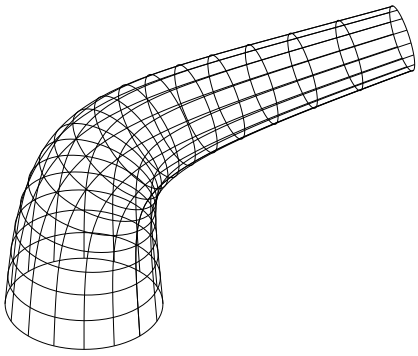
Specify height of extrusion or [Path]: P выдавить по траектории

Select extrusion path or [Taper angle]: T задать угол конусности

Specify angle of taper for extrusion <0>: 5 значение угла конусности

Select extrusion path: указать на полилинию.





10.2. ТЕЛО ВРАЩЕНИЯ



– Команда ***Revolve*** (Вращать) – позволяет создавать твердотельные объекты путем вращения плоского контура. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Revolve*** (Вращать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Revolve*** (Вращать) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

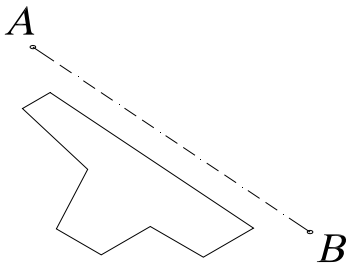
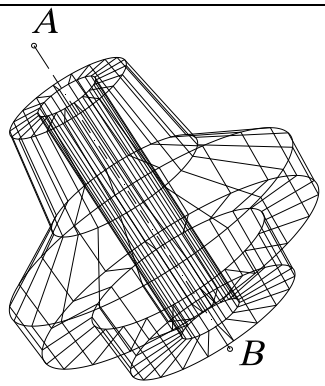
Исходными объектами для вращения могут служить замкнутые полилинии, многоугольники, окружности, эллипсы, замкнутые сплайны, кольца и области (***Region***). Объектами, задающими направление оси вращения, могут служить отрезки и плоские полилинии. В

последнем случае за ось вращения принимается линия, проходящая через начальную и конечную точки полилинии. При создании твердых тел вращения исходные контуры удаляются.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания оси, определяемой некоторым объектом, то есть необходимо указать объект, который определяет ось вращения;
- ***X (axis)*** (X ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью X текущей системы координат;
- ***Y (axis)*** (Y ось) – используется для задания оси вращения, совпадающей с осью Y текущей системы координат.

Выполнить упражнение № 111.

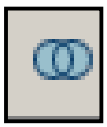
Построить тело вращения	***№ 111***
 ***Revolve*** Падающее меню ***Draw → Solids → Revolve*** Current wire frame density: ISOLINES=20 Select objects: указать плоский контур Select objects: Enter Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: указать точку A на оси вращения Specify endpoint of axis: указать точку B на оси вращения Specify angle of revolution <360>: Enter угол поворота контура на 360^0. Установить точку зрения командой 3D Orbit.	
	

11. ТЕЛА, СОЗДАННЫЕ КОМБИНИРОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Для создания тел из базовых твердотельных примитивов в ***AutoCAD*** имеются команды, осуществляющие операции теории множеств:

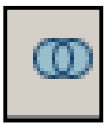
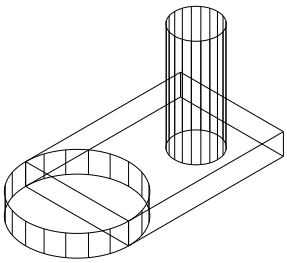
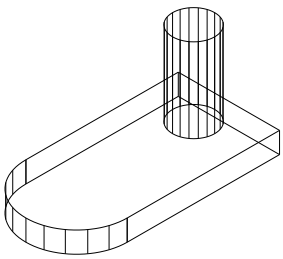
1. ***Union*** (Объединение) – создает сложный твердотельный объект путем объединения нескольких объектов;
2. ***Subtract*** (Вычитание) – позволяет создать новые область или твердотельный объект путем исключения (вычитания) аналогичных объектов. Например, эту команду можно использовать для получения сквозных цилиндрических отверстий в деталях путем вычитания цилиндров;
3. ***Intersect*** (Пересечение) – позволяет создать новый твердотельный объект, который является общей частью всех указанных объектов.

11.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Union*** (Объединение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

Выполнить упражнение № 112.

Построить тело путем объединения заданных тел	***№ 112***
 ***Union*** Падающее меню ***Modify → Solids Editing → Union*** Select objects: указать точку на одном цилиндре Select objects: указать точку на втором цилиндре Select objects: указать точку на параллелепипеде Select objects: Enter	
	

Если указанные пользователем твердотельные объекты не пересекаются и не касаются друг друга, то система выполнит формальное объединение этих тел. При этом вновь созданный объект будет восприниматься системой как единое целое, хотя в физическом смысле такой объект будет являться набором отдельных невзаимосвязанных тел.

11.2. ВЫЧИТАНИЕ ОБЪЕКТОВ



– Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

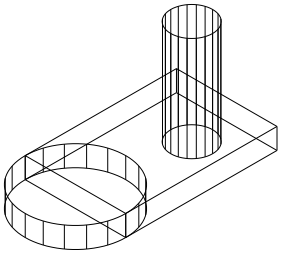
Вычитаемые объекты после выполнения команды удаляются. Если исходное и вычитаемое тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Subtract*** (Вычитание) будет просто удалено вычитаемое тело. Необходимо помнить, что после завершения указания исходных объектов, из которых необходимо исключить другие объекты, нужно нажать клавишу ***Enter***.

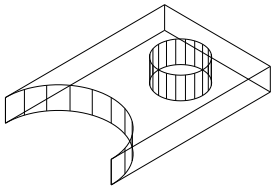
Выполнить упражнение № 113.

Построить тело путем вычитания заданных тел	*№ 113*

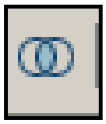


Subtract Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Subtract***
Select solids and regions to subtract from ..
Select objects: указать точку на параллелепипеде
Select objects: Enter
Select solids and regions to subtract ..
Select objects: указать один цилиндр
Select objects: указать второй цилиндр
Select objects: Enter





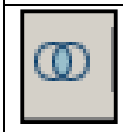
11.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ



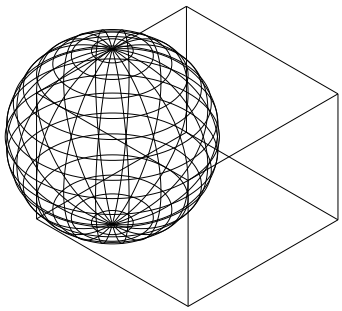
– Команда ***Intersect*** (Пересечение) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Intersect*** (Пересечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Intersect*** (Пересечение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).

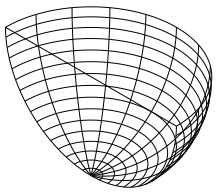
Выполнить упражнение № 114.

Построить тело путем пересечения заданных тел	*№ 114*



Intersect
Падающее меню ***Modify*** → ***Solids Editing*** → ***Intersect***
Select objects: выбрать сферу, указав на её любую точку
Select objects: выбрать параллелепипед, указав на любую его точку
Select objects: Enter





Все исходные тела, на основе которых создается новый объект, удаляются. Если исходные тела не пересекаются, то в результате выполнения команды ***Intersect*** (Пересечение) эти тела будут просто удалены.

12. ОБЩИЕ СРЕДСТВА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для редактирования любых трехмерных объектов могут применяться такие универсальные команды, как ***Properties*** (Свойства), ***Copy*** (Копировать), ***Erase*** (Удалить), ***Explode*** (Взорвать), ***Move*** (Переместить), ***OOPS*** (Восстанавливает уничтоженные командой ***Erase*** объекты), ***Redo*** (Отменяет действие одной предыдущей команды: ***Undo*** или ***U***), ***Scale*** (Масштабировать), ***Undo*** (Отменяет действие нескольких команд), а также средство редактирования ***Grips*** («Ручки»). Работа со всеми этими средствами ведется так же, как и при плоском черчении. Кроме того, существуют команды редактирования только в трехмерном пространстве, например, команды поворота, создания массива объектов, зеркальное отображение, снятие фаски, скругления, которые имеют рад особенностей в трехмерном моделировании. Ниже рассматриваются эти команды.

12.1. ПОВОРОТ ВОКРУГ ОСИ

В двумерном пространстве команда ***Rotate*** (Повернуть) производит поворот объекта вокруг указанной точки, при этом направление поворота определяется текущей пользовательской системой координат.

При использовании этой команды применительно к трехмерным объектам производится их поворот относительно оси, проходящей через заданную точку и перпендикулярной плоскости ***XY*** текущей системы координат. Ось поворота может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (***X***, ***Y***, ***Z***), текущего направления взгляда.

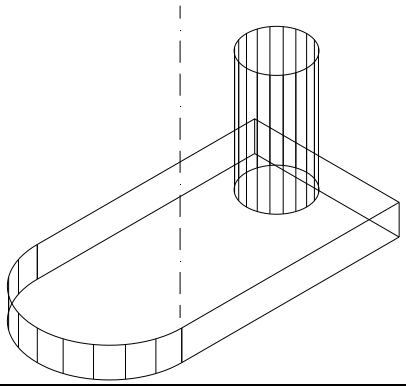
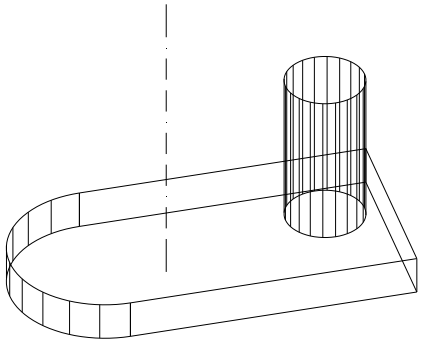
Команда ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) поворачивает объекты относительно произвольно направленной оси. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Rotate3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Rotate3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – поворот вокруг выбранного объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***View*** (Вид) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящей через заданною точку, то есть ось перпендикулярна плоскости экрана;
- ***Xaxis*** (X ось), ***Yaxis*** (Y ось), ***Zaxis*** (Z ось) – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления соответственно осей ***X***, ***Y***, ***Z*** и проходящей через заданную точку;
- ***2point*** (2 точки) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки;
- ***Reference*** (Относительно) – используется для задания относительного угла поворота.

Для определения положительного направления вращения следует ориентировать большой палец правой руки в положительном направлении оси и согнуть остальные пальцы. Положительное направление вращения будет совпадать с направлением, указываемым согнутыми пальцами. Если ось задается двумя точками, то вторая точка указывает положительное направление оси.

Выполнить упражнение № 115.

Повернуть тело вокруг оси	***№ 115***
Rotate3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Rotate3D*** Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 Select objects: выбрать объект, который нужно повернуть Select objects: Enter Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: указать верхнюю точку на оси (начало оси) Specify second point on axis: указать нижнюю точку на оси (направление «+» оси) Specify rotation angle or [Reference]: 30 угол положительный, так как положительное направление оси вниз, а положительный угол определяется по правилу правой руки.	
	

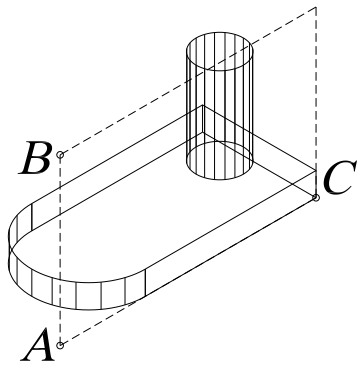
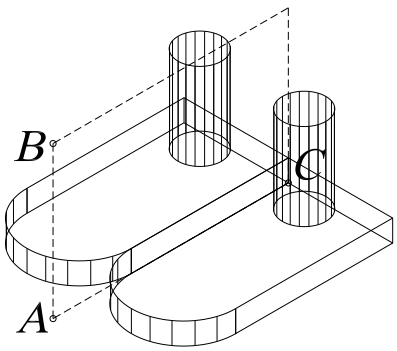
12.2. ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТИ (ПЛОСКОСТНАЯ СИММЕТРИЯ)

Команда ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) позволяет создать зеркальную копию объектов относительно произвольно расположенной плоскости. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***3D Operation*** (3М операции) → ***Mirror3D*** (Повернуть-3М) или вводом в командную строку слова ***Mirror3D*** с клавиатуры.

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – отображение относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Last*** (Последняя) – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде поворота;
- ***Zaxis*** (Z ось) – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – отображение относительно плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – отображение относительно плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

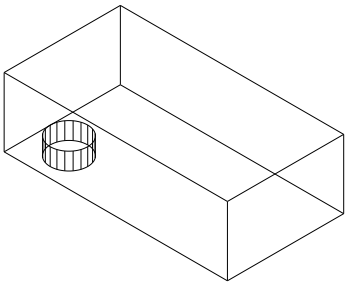
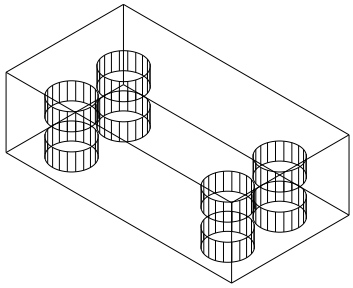
Выполнить упражнение № 116.

Построить плоскостную симметрию объекта	***№ 116***
Mirror3D Падающее меню ***Modify → 3D Operation → Mirror3D*** Select objects: выбрать объект Select objects: Enter Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on mirror plane: указать точку B Specify third point on mirror plane: указать точку C Delete source objects? [Yes/No] <N>: не удалять исходный объект, если нужно удалить, то выбрать <Y>.	
	

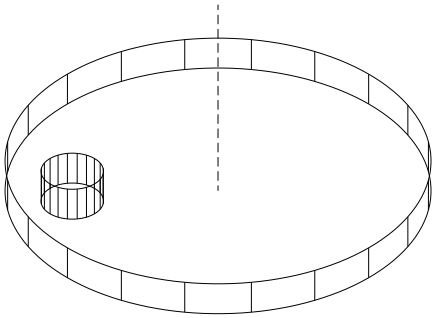
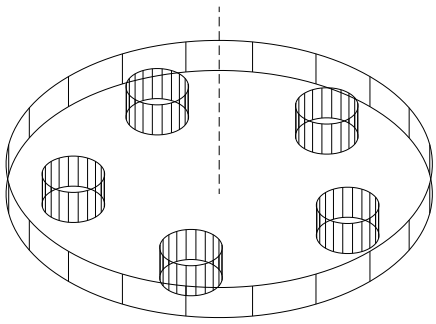
12.3. РАЗМНОЖЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫМ МАССИВОМ

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) создает в пространстве копии объектов в виде прямоугольного или полярного массива. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) **→** ***3D Operation*** (3М операции) **→** ***3DAarray*** (3М Массив) или вводом в командную строку слова ***3DAarray*** с клавиатуры.

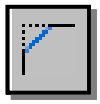
Выполнить упражнения № 117, 118.

Создать прямоугольный массив	***№ 117***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: прямоугольный массив Enter the number of rows (---) <1>: 2 ввести число рядов (вдоль оси Y) Enter the number of columns (|||) <1>: 2 ввести число столбцов (вдоль оси X) Enter the number of levels (...) <1>: 2 ввести число уровней (вдоль оси Z) Specify the distance between rows (---): 30 расстояние между рядами Specify the distance between columns (|||): 90 расстояние между столбцами Specify the distance between levels (...): 20 расстояние между уровнями	
	

Команда ***3DAarray*** (3М Массив) отличается от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, тем, что при создании прямоугольного массива объектов, кроме количества столбцов и строк, запрашивается количество уровней (задается вдоль оси ***Z*** от плоскости ***XY***), а при создании кругового (полярного) массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой задаются в ответ на запросы команды.

Создать полярный массив	***№ 118***
3DAarray Падающее меню ***Modify → 3D Operation → 3DAarray*** Select objects: указать объект для массива – цилиндрическое отверстие Select objects: Enter Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>:P полярный массив Enter the number of items in the array: 5 число элементов массива Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: задать угол для построения Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: поворачивать элементы массива вокруг оси Specify center point of array: указать первую точку, лежащую на оси массива Specify second point on axis of rotation: указать вторую точку, лежащую на оси массива	
	

12.4. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ФАСОК ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ



— Команда ***Chamfer*** (Фаска) позволяет создавать фаску (скошенную часть кромки) на пересечениях граней твердого тела, как и в двумерном пространстве. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Chamfer*** (Фаска) или щелчком мыши по пиктограмме ***Chamfer*** (Фаска) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

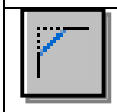
Опции команды:

- ***OK (current)*** (Да (текущая)) – используется для задания в качестве базовой текущей гран тела (при выборе, подсвеченной на графическом экране);
- ***Next*** (Следующая) – используется для выбора в качестве текущей соседней грани тела;
- ***Loop*** (Петля) – используется для задания создания фасок по всем ребрам базовой грани;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер.

При создании фасок между гранями твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

Выполнить упражнения № 119, 120. При выполнении упражнения № 119 создать тело, используя команду ***Subtract*** (Вычитание).

Снять фаску с ребра параллелепипеда ***№ 119***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(NOTRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A

Base surface selection... для выбора базовой поверхности

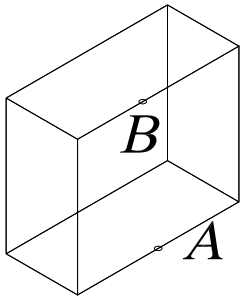
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

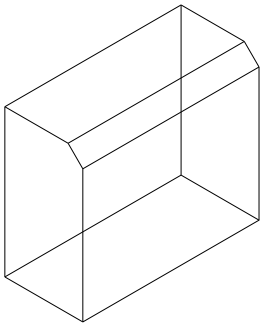
Specify base surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: 5 размер фаски на другой поверхности

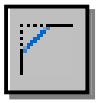
Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





Снять фаску с ребра трехмерного тела ***№ 120***



Chamfer Падающее меню ***Modify → Chamfer***

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 40.0000, Dist2 = 40.0000

Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: указать точку A верхней грани объекта

Base surface selection...

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: N режим выбора соседней грани (если на графическом экране при выборе подсвечивается другая грань)

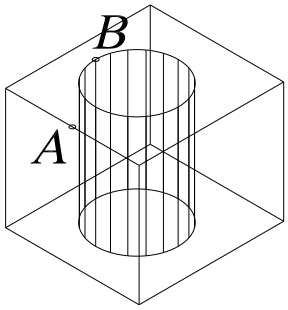
Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: Enter

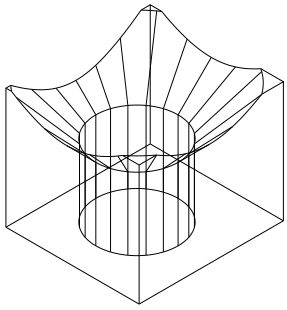
Specify base surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <40.0000>: 20 размер фаски на другой поверхности

Select an edge or [Loop]: указать верхнюю границу ребра – точку B

Select an edge or [Loop]: Enter





12.5. ПОСТРОЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ ГРАНЕЙ



— Команда ***Fillet*** (Сопряжение) – скругляет или сопрягает объекты дугой заданного радиуса. Вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактирование) → ***Fillet*** (Сопряжение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Fillet*** (Сопряжение) панели инструментов ***Modify*** (Редактирование).

Опции команды ***Fillet*** (Сопряжение):

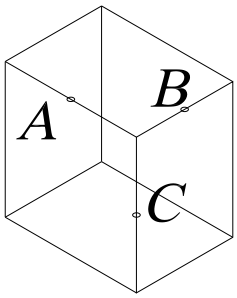
- ***Chain*** (Цепь) – используется для задания скруглений ребер, образующих цепочку;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для возврата в режим указания отдельных ребер;
- ***Radius*** (Радиус) – используется для задания нового радиуса скругления.

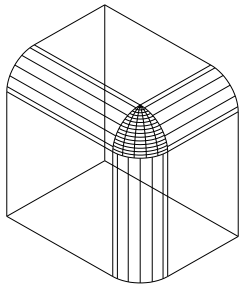
Выполнить упражнения № 121, 122.

Построить сопряжения граней трехмерного тела ***№ 121***

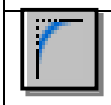


Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее скругляемое ребро – точка A
Enter fillet radius: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка B
Select an edge or [Chain/Radius]: указать скругляемое ребро – точка C
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter
3 edge(s) selected for fillet.

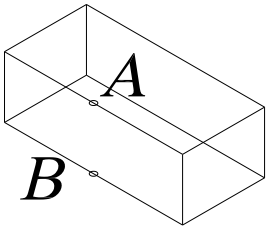


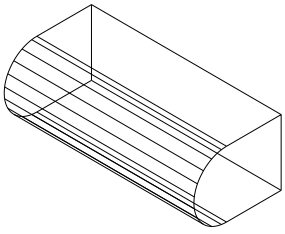


Построить сопряжение грани трехмерного тела ***№ 122***



Fillet Падающее меню ***Modify*** → ***Fillet***
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: указать верхнее ребро (точка A)
Enter fillet radius <10.0000>: 10 радиус скругления
Select an edge or [Chain/Radius]: указать верхнее ребро (точка B)
Select an edge or [Chain/Radius]: Enter





При создании скруглений ребер твердых тел опции, предлагаемые системой в первом запросе, не используются (они применяются в двумерном моделировании).

12.6. ПОСТРОЕНИЕ СЕЧЕНИЙ



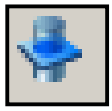
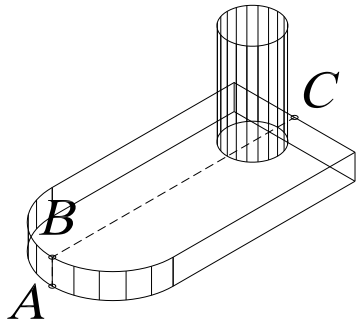
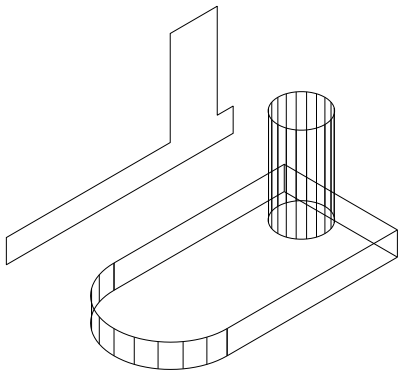
– Команда ***Section*** (Сечение) – позволяет построить сечения (в виде замкнутых областей) твердотельных объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Section*** (Сечение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Section*** (Сечение) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – сечение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

В результате выполнения команды создаются объекты типа ***Region***. При применении к этим объектам команды ***Explode*** они разбиваются на отдельные линии, дуги или окружности.

Выполнить упражнение № 123.

Построить сечение трехмерного тела	***№ 123***
 ***Section*** Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Section*** Select objects: указать объект Select objects: Enter Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A Specify second point on plane: указать точку B Specify third point on plane: указать точку C Переместить полученное сечение.	
	

12.7. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ



– Команда ***Slice*** (Разрез) – позволяет разрезать набор тел плоскостью и при необходимости удалить отсеченные части объектов. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Slice*** (Разрез) или щелчком мыши по пиктограмме

Slice (Разрез) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***Object*** (Объект) – используется для задания секущей плоскости, совпавшей с плоскостью объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двумерной полилинии;
- ***Zaxis*** (Z ось) – используется для задания секущей плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к этой плоскости;
- ***View*** (Вид) – используется для задания секущей плоскости, выровненной с плоскостью видового экрана, то есть параллельной плоскости экрана;
- ***XY*** (XY), ***YZ*** (YZ), ***ZX*** (ZX) – используется для задания секущей плоскости, параллельной плоскости соответственно ***XY***, ***YZ*** или ***ZX*** текущей системы координат и проходящей через заданную точку;
- ***3point*** (3 точки) – разрез относительно плоскости, проходящей через три заданные точки;
- ***keep Both sides*** (сохранить Обе стороны) – оставляет обе части разрезанного тела.

Выполнить упражнение № 124.

Построить разрез трехмерного тела ***№ 124***



Slice Падающее меню ***Draw*** → ***Solids*** → ***Slice***

Select objects: указать объект

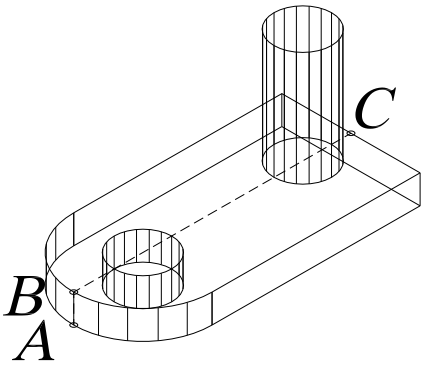
Select objects: Enter

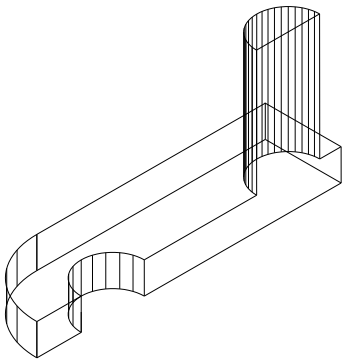
Specify first point on slicing plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: указать точку A

Specify second point on plane: указать точку B

Specify third point on plane: указать точку C

Specify a point on desired side of the plane or [keep Both sides]: указать курсором точку той части тела, которую надо оставить.





13. РЕДАКТИРОВАНИЕ ГРАНЕЙ, РЕБЕР, ТЕЛ

Команда ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов) используется для выполнения следующих возможных действий: выдавливание, перенос, поворот, смещение, изменение формы тела путем наклона, удаление, копирование, изменение цвета. Команды вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

При вызове команды на первый запрос необходимо ввести опцию редактирования тел:

- ***Face*** (Грань) – используется для перехода в режим редактирования граней твердого тела;
- ***Edge*** (Ребро) – используется для перехода в режим редактирования ребер твердого тела;
- ***Body*** (Тело) – используется для редактирования общих свойств тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последнего результата редактирования;
- ***eXit*** (Выход) – используется для завершения работы с командой.

13.1. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАНЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Face*** (Грань), которая вызываются из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Extrude*** (Выдавить) – используется для изменения формы тела путем «выдавливания» одной из граней;
- ***Move*** (Переместить) – используется для изменения формы тела путем переноса его граней;
- ***Rotate*** (Поворот) – используется для изменения формы тела путем поворота его граней;
- ***Offset*** (Сместить) – используется для изменения формы тела путем эквидистантного смещения его граней на определенное расстояние;
- ***Taper*** (Сузить) – используется для изменения формы тела путем наклона его граней;
- ***Delete*** (Удалить) – используется для изменения формы тела путем удаления его отдельных граней;
- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания поверхности, повторяющей конфигурацию граней тела;
- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета граней тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования граней;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solidedit*** (Редактирование твердотельных объектов).

Выполнить упражнения № 125- 132.

Выдавить грань трехмерного тела ***№ 125***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A (R используется для исключения грани из набора выбранных граней)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

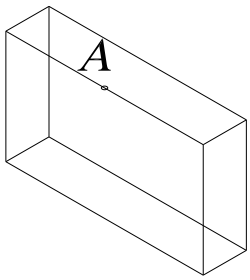
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

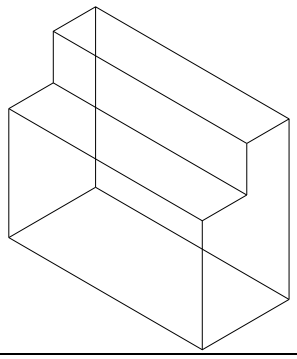
Specify angle of taper for extrusion <0>: угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Enter

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Выдавить грань трехмерного тела ***№ 126***

Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Extrude faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face режим граней

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _extrude

Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A на передней грани параллелепипеда

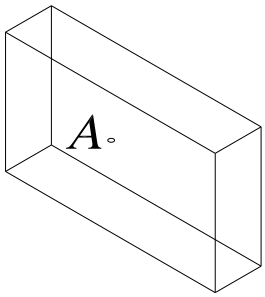
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

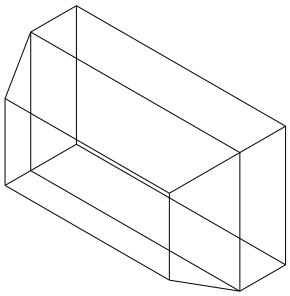
Specify height of extrusion or [Path]: 20 высота выдавливания

Specify angle of taper for extrusion <0>: 25 угол

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Переместить грань трехмерного тела	*№ 127*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Move faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face грань

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _move

Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)

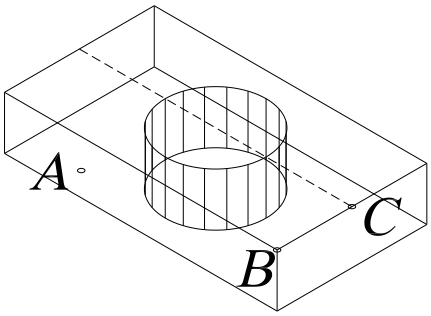
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

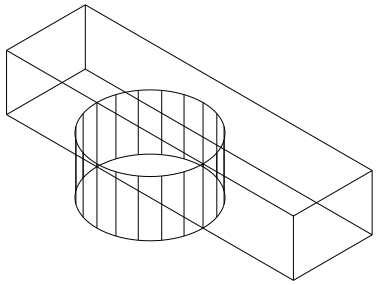
Specify a base point or displacement: указать точку B

Specify a second point of displacement: указать точку C

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





Повернуть грань трехмерного тела	*№ 128*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Rotate faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _rotate

Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter

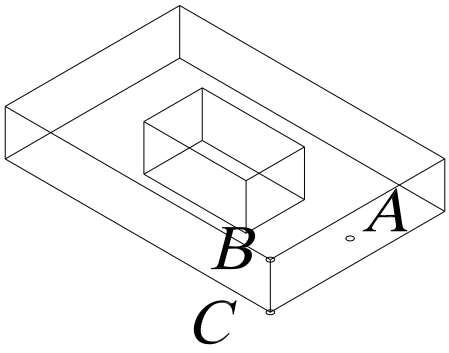
Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: точка B

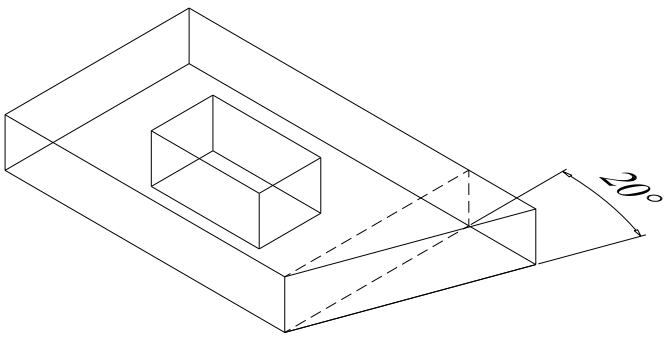
Specify the second point on the rotation axis: точка C на оси поворота

Specify a rotation angle or [Reference]: 20 угол поворота

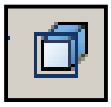
Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



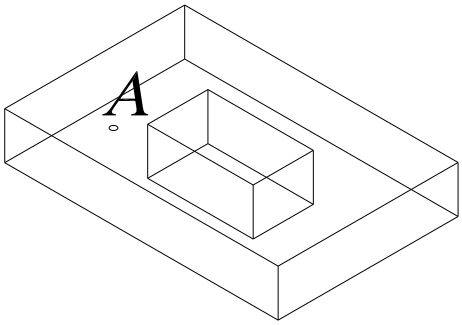


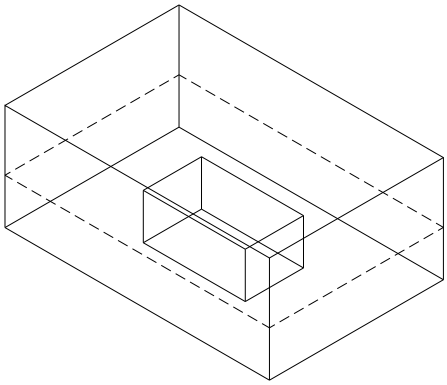
Сместить грань трехмерного тела *№ 129*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Offset faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _offset
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the offset distance: 20 величина смещения
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc



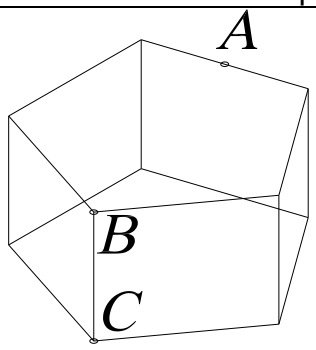


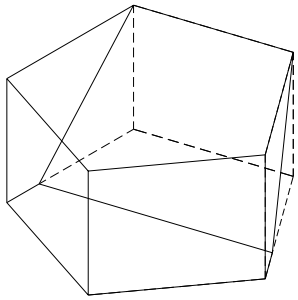
Наклонить грань трехмерного тела *№ 130*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Taper faces***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _taper
Select faces or [Undo/Remove]: указать точку A
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify the base point: указать базовую точку B
Specify another point along the axis of tapering: указать точку C на оси
Specify the taper angle: 40 угол наклона грани
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

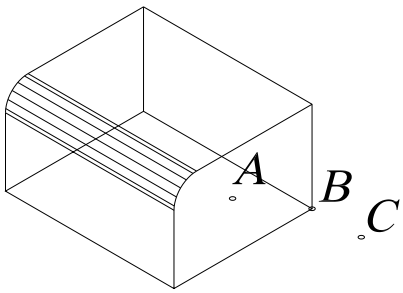


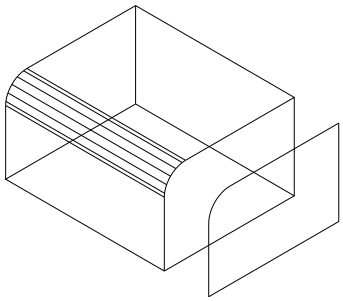


Скопировать грань трехмерного тела	*№ 131*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ Copy faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _copy
Select faces or [Undo/Remove]: указать боковую грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Specify a base point or displacement: указать базовую точку B
Specify a second point of displacement: указать точку C
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc

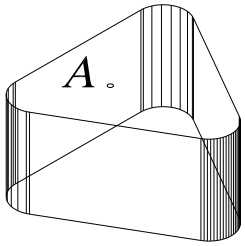


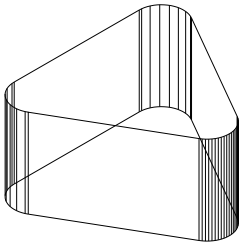


Изменить цвет грани трехмерного тела	*№ 132*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing→ CoLor faces***
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: _color
Select faces or [Undo/Remove]: указать верхнюю грань (точка A)
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: Enter
Enter a face editing option
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: Esc





13.2. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ РЕБЕР ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Edge*** (Ребро), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:



- ***Copy*** (Копировать) – используется для создания объектов, повторяющих конфигурацию ребер тела (дальнейшие действия аналогичны выполнению команды ***Copy*** в двумерном пространстве);



- ***coLor*** (или ***L***) (Цвет) – используется для изменения цвета ребер тела;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования ребер;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

13.3. РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ОБЩИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

На первый запрос команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел) в режиме редактирования ***Body*** (Тело), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Editing*** (Редактирование тел) или щелчком мыши по пиктограммам плавающей панели инструментов ***Solids Editing*** (Редактирование тел), необходимо выбрать одну из следующих опций данной команды:

- ***Imprint*** (Вписать 0 – используется для построения линий пересечения тела с другими объектами (Yes (Да) – используется, если после построения линии пересечения объект, которому эта линия соответствует, должен быть удален; No (Нет) – используется, если удалять объект не надо);
- ***seParate solids*** (или ***P***) (Разделить) – используется для разделения на самостоятельные тела объектов, которые воспринимаются системой как единые тела, но физически ими на являются (например, тела, полученные в результате действия команды ***Subtract*** (Вычитание) или ***Union*** (Объединение);
- ***Shell*** (Оболочка) – используется для формирования твердотельной оболочки на основе указанного тела, то есть создает эквидистантные поверхности;
- ***cLean*** (или ***L***) (Очистить) – используется для удаления с поверхности тела, указанного пользователем, всех линий пересечения этого тела с другими объектами;
- ***Check*** (Проверить) – используется для перевода твердотельного объекта, указанного пользователем, в формат ***ACIS***, имеющий более широкие возможности по вычислению формы тел сложной конфигурации;
- ***Undo*** (Отменить) – используется для отмены последней операции редактирования свойств тела;
- ***eXit*** (или ***X***) (Выход) – используется для возврата к первому запросу системы при вызове команды ***Solids Editing*** (Редактирование тел).

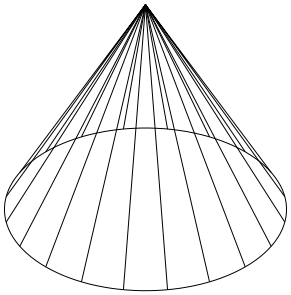
Выполнить упражнение № 133.

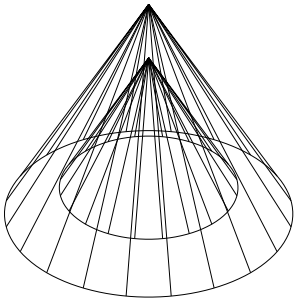
Создать оболочку трехмерного тела	*№ 133*



Solidedit П. м. ***Modify → Solids Editing → Shall***

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _body
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell
Select a 3D solid: указать тело (указать на теле произвольную точку)
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: Enter
Enter the shell offset distance: 10 толщина оболочки
Enter a body editing option
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: Esc





14. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрим построение на примере создания трехмерной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 166. Ниже описана лишь одна из возможных последовательностей моделирования данного изделия.

1. Создать новый рисунок с помощью команды ***NEW*** (НОВЫЙ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл) → ***New***…(Новый…), или щелчком по пиктограмме ***New*** (Новый) стандартной панели инструментов.

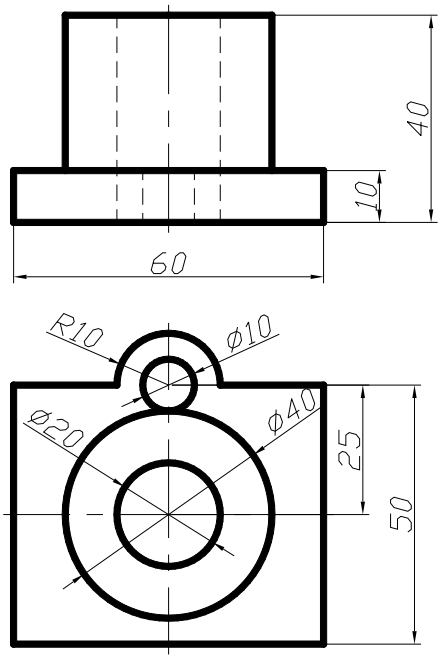


Рис. 166.

2. Для вызова мастера подготовки в диалоговом окне ***Create New Drawing*** (Создание нового рисунка) выбрать пиктограмму ***Use a Wizard*** (Вызов мастера). Далее в списке ***Select a Wizard:*** (Выберите Мастера:) выбрать ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка).

3. В диалоговом окне ***Quick Setup*** (Быстрая подготовка) при определении области черчения ***Area*** (Площадь) установить размеры чертежа 210x297 (формат А4).

4. Щелчком мыши на кнопке ***GRID*** (Сетка) в строке состояния (или клавишей ***F7***) включить отображение сетки на графическом экране.

5. Отобразить всю область чертежа на экране командой ***Zoom*** (Показать), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Zoom*** (Показать) → ***All*** (Все), или щелчком по пиктограмме ***Zoom All*** (Показать все) стандартной панели инструментов.

6. Сохранить рисунок с помощью команды

QSAVE (БСОХРАНИТЬ), вызываемой из падающего меню ***File*** (Файл)→***Save*** (Сохранить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Save*** (Сохранить) стандартной панели инструментов.

7. Установить значение системной переменной ***ISOLINES***, равное 10, что соответствует количеству образующих линий, отображаемых на кривых поверхностях.
8. Создать три видовых экрана с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***New Viewports…***(Новые Видовые экраны…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Display Viewports Dialog*** (Диалоговое окно видовых экранов) в стандартной или плавающей панели инструментов ***Viewports*** (Видовые экраны), см. упражнение № 90.
9. Установить направление взгляда в трех видовых экранах, см. упражнение 91. Команда ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) позволяет задать направление взгляда при определении вида и вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.
10. С помощью команд ***Pline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность) создать горизонтальную проекцию детали.
11. Используя команду ***Extrude*** (Выдавить), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела)→ ***Extrude*** (Выдавить) или щелчком мыши по пиктограмме ***Extrude*** (Выдавить) панели инструментов ***Solids*** (Тела), «выдавить» полученную горизонтальную проекцию на соответствующие величины.
12. Выполнить логические преобразования. Объединить параллелепипед и внешний большой цилиндр с помощью команды ***Union*** (Объединение), которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Union*** (Объединение) или щелчком мыши по пиктограмме ***Union*** (Объединение) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел). Затем из полученного тела вычесть внутренний большой и маленький цилиндры с помощью команды ***Subtract*** (Вычитание). Команда ***Subtract*** (Вычитание) вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редактировать) → ***Solids Edition*** (Правка тел) → ***Subtract*** (Вычитание) или щелчком мыши по пиктограмме ***Subtract*** (Вычитание) плавающей панели инструментов ***Solids Edition*** (Правка тел).
13. Подавить невидимые линии командой ***HIDE*** (СКРЫТЬ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)→***Hide*** (Скрыть линии) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть линии) плавающей панели инструментов ***Render*** (Тонировать).
14. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
15. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа)→***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
16. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
17. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка)→***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).

Для получения блока, которым можно воспользоваться при создании любых чертежей в ***AutoCAD***, применяется команда ***WBLOCK*** (ПБЛОК). Она загружает окно ***White Block*** (Запись блока на диск), показанное на рис. 167, в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном рисунке.

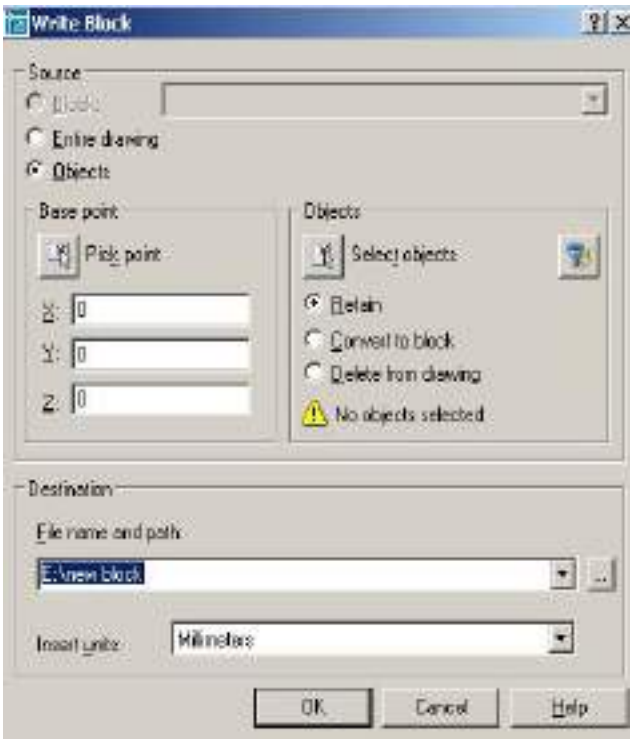


Рис. 167.

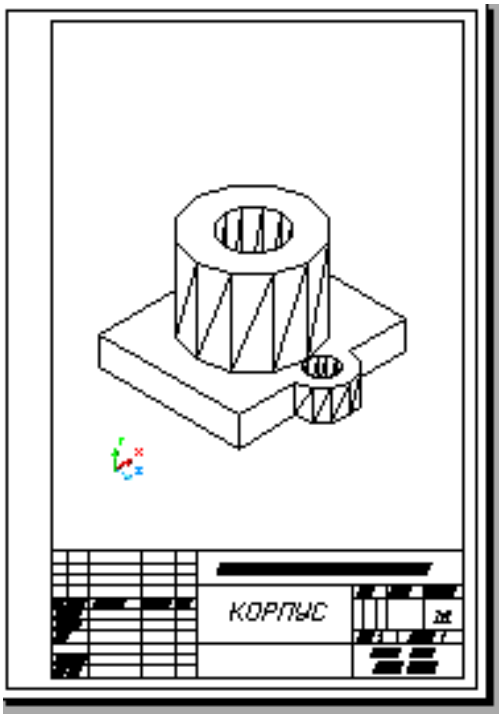


Рис. 168.

18. Создать на листе видовой экран с помощью команды ***VPORTS*** (ВЭКРАН), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***Viewports*** (Видовые экраны) → ***Single*** (1 Вид), а затем указать мышью на графическом экране первый угол видового экрана и второй угол видового экрана.

19. Установить изометрический вид, для чего нужно «войти» в пространство модели (щелкнув два раза клавишей внутри полученной рамки). Затем отредактировать вид, используя команду ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения), которая вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) → ***3D View*** (3М Виды) → ***DDVPOINT*** (Диалоговое окно точки зрения) или вводом в командную строку слова ***DDVPOINT*** с клавиатуры.

20. Удалить рамку видового экрана, для этого необходимо выделить рамку, щелкнув клавишей на ней, и «заморозить» слой ***VPORTS*** (этот слой автоматически создается при работе с видовыми окнами).

21. В пространстве листа заполнить основную надпись. Для выхода в пространство листа нужно щелкнуть два раза клавишей за пределами видового окна. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 168.

15. ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕСЯ ВИДОВЫЕ ЭКРАНЫ. СОЗДАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ



Команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) автоматизирует процесс создания *перекрывающихся видовых экранов* и ортогональных проекций – проекций на взаимно перпендикулярные плоскости. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

Опции команды:

- ***UCS*** (ПСК – пользовательская система координат) – создает вид, параллельный плоскости ***XY*** пользовательской системы координат, которую требуется указать в последующем запросе.

- ***Ortho*** (Ортогональный) – создает вид, перпендикулярный существующему виду, то есть создает ортогональные проекции;
- ***Auxiliary*** (Вспомогательный) – создает дополнительный наклонный вид относительно существующего вида, то есть получаемый на плоскости, непараллельный основным плоскостям проекций;
- ***Section*** (Сечение) – служит для формирования разрезов.

Для каждого создаваемого командой ***SOLVIEW*** (Настройка вида) видового экрана автоматически создается несколько новых слоев. Эти слои имеют имя, совпадающее с именем видового экрана, к которому добавляются расширения, состоящие из трех букв:

- ***DIM*** – слой для размеров;
- ***HAT*** – слой штриховки (только при построении разрезов);
- ***HID*** – слой невидимых линий;
- ***VIS*** – слой видимых линий.

Эти слои можно использовать только для работы с видами, созданными системой ***AutoCAD***. Помимо указанных слоев команда ***SOLVIEW*** (Настройка вида) создает слой VPORTS, на котором размещается общая информация о всех видовых экранах, созданных командой, например, рамки, ограничивающие видовые экраны (если этот слой заморозить, то рамки станут невидимыми).

Замечания:

- Задачи моделирования, такие, как создание и редактирование геометрических объектов, обычно выполняются на вкладке графического поля экрана ***Model*** (Модель). Задачи оформления чертежа, такие, как создание и размещение проекций, проведение осей симметрии, нанесение условных обозначений, выполняются на вкладке графического поля экрана ***Layout*** (Лист). Размеры обычно проставляются на вкладке ***Model*** (Модель).
- На вкладке ***Layout*** (Лист) можно работать как в пространстве модели, так и в пространстве листа. Для того чтобы сделать текущим пространство модели, необходимо поместить курсор мыши в нужный видовой экран и дважды щелкнуть левой клавишей. Для перехода в пространство листа надо переместить указатель за границы видовых экранов и дважды щелкнуть левой клавишей мыши. Можно также переключаться из пространства модели в пространство листа при помощи кнопки в строке состояния.

После созданных плавающих видовых экранов выполняется команда ***SOLDRAW*** (Настройка рисования), которая формирует плоские изображения видов и разрезов в плавающих видовых экранах. При этом строятся видимые и невидимые линии, создающие очерки и ребра тела, а в разрезах выполняется штриховка по установленному шаблону. Команда вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку. В ответ на последовательность запросов ***Select object:*** следует указать рамки всех видовых экранов.



ПРИМЕР. Построить твердотельную модель и создать на основании построенной твердотельной модели детали (рис. 166) следующие проекции: фронтальный вид, горизонтальный и профильный разрез.

Создается твердотельная модель (описание построения см. в предыдущем параграфе). Затем используют следующий алгоритм.

1. Установить пользовательскую систему координат (ПСК) параллельно главному виду детали. Для этого необходимо воспользоваться командой ***UCS*** (ПСК), вызвав её из падающего меню ***Tools*** (Сервис) → ***New UCS*** (Новая ПСК) → ***3 Point*** (3 Точки) или из стандартной панели инструментов ***UCS*** (ПСК).

2. Перейти из пространства модели в пространство листа щелчком мыши по закладке ***Layout 1*** (Лист 1).
3. В диалоговом окне ***Page Setup*** (Параметры листа) → ***Layout*** (Лист), задать параметры листа (210x297) и устройства печати.
4. Удалить имеющийся вид на листе, щелкнув на границе видового экрана и нажав клавишу ***Delete*** (Удалить).
5. Вставить в рисунок рамку формата А4 (при условии, что эта заготовка (блок) уже существует). Вставка осуществляется командой ***INSERT*** (ВСТАВИТЬ), вызываемой из падающего меню ***Insert*** (Вставка) → ***Block***… (Блок…) или по пиктограмме ***Insert Block*** (Вставить блок) панели инструментов ***Draw*** (Рисование).
6. Создать на чертеже видовые экраны со следующими видами: видом спереди, видом сверху и профильным разрезом, используя команду ***SOLVIEW*** (Настройка вида), которая вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисовать) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Настройка) → ***View*** (Вид) или щелчком мыши по пиктограмме ***Setup view*** (Настройка вида) панели инструментов ***Solids*** (Тела).

1) *Получение главного вида – фронтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: U
Enter an option [Named/World/?/Current] <Current>: Enter
Enter view scale <1>: указать масштаб
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Front – ввести имя формируемого вида

2) *Получение вида сверху – горизонтальной проекции детали:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: O ортогональный режим
Specify side of viewport to project: указать верхнюю границу видового экрана главного вида
Specify view center: указать центр вида, подбирая последовательными щелчками наиболее удачное его расположение
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Top – ввести имя формируемого вида

3) *Получение профильного разреза:*

Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: S – сечение
Specify first point of cutting plane: _cen – указать на горизонтальной проекции первую точку режущей плоскости при помощи объектной привязки – центр окружности
Specify second point of cutting plane: @0,0,60 – указать на главном виде вторую точку режущей плоскости при помощи относительных координат
Specify side to view from: указать на виде сверху сторону, которая остается на изображении.
Enter view scale <1>: Enter
Specify view center: указать центр вида
Specify view center <specify viewport>: Enter
Specify first corner of viewport: указать первый угол видового экрана
Specify opposite corner of viewport: указать второй угол видового экрана
Enter view name: Section – ввести имя формируемого вида
Enter an option [Ucs/Ortho/Auxiliary/Section]: Enter – завершить работу.

В результате получается изображение, представленное на рис. 169.

7. Выполняют команду ***SOLDRAW*** (Настройка рисования) для формирования в каждом видовом экране плоских изображений. При этом на разрез наносится штриховка (по образцу ***Angle***); все невидимые линии в каждом видовом экране помещаются на слои с суффиксом ***HID*** (<имя>-***HID***), а видимые – на слои с суффиксом ***VIS***. Вызывается из падающего меню ***Draw*** (Рисование) → ***Solids*** (Тела) → ***Setup*** (Подготовка) → ***Drawing*** (Построение) или через командную строку.

1. Меняют шаблон штриховки. Для этого переходят в пространство модели, выделяют видовой экран «разрез», затем щелчком левой клавиши мыши выделяют штриховку и вызывают контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В контекстном меню выбирают команду ***HATCHEDIT*** (Редактирование штриховки) и в раскрывшемся диалоговом окне выбирают шаблон штриховки ***ANSI31***.
2. Удаляют невидимые линии на всех проекциях, кроме вида спереди. Для этого «замораживают» соответствующие слои.
3. В пространстве листа наносят оси симметрии.
4. Удаляют рамки видовых экранов, для чего «замораживают» слой ***VPORTS***.
5. На слоях ***VIS*** устанавливают толщину 0,3 мм.
6. В пространстве модели «размораживают и устанавливают текущим слой видового экрана, содержащего вид спереди, с суффиксом DIM, и проставляют необходимые размеры.
7. В пространстве листа заполняют основную надпись. Чертеж, полученный в результате работы, приведен на рис. 170.

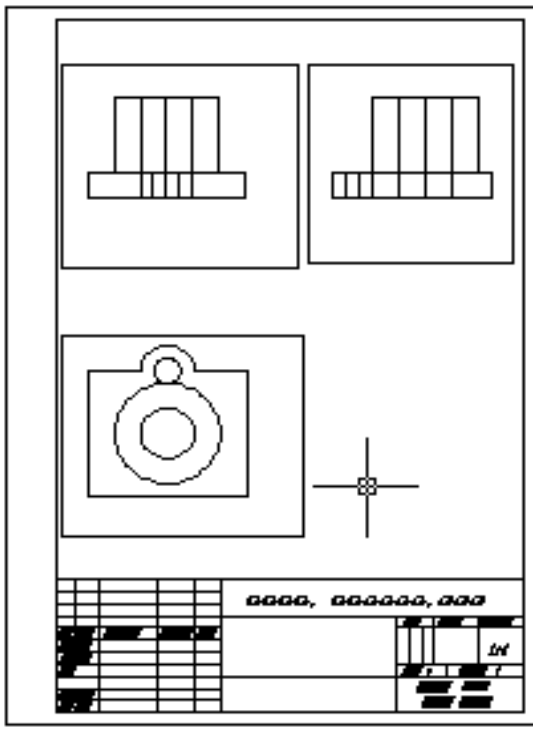


Рис. 169.

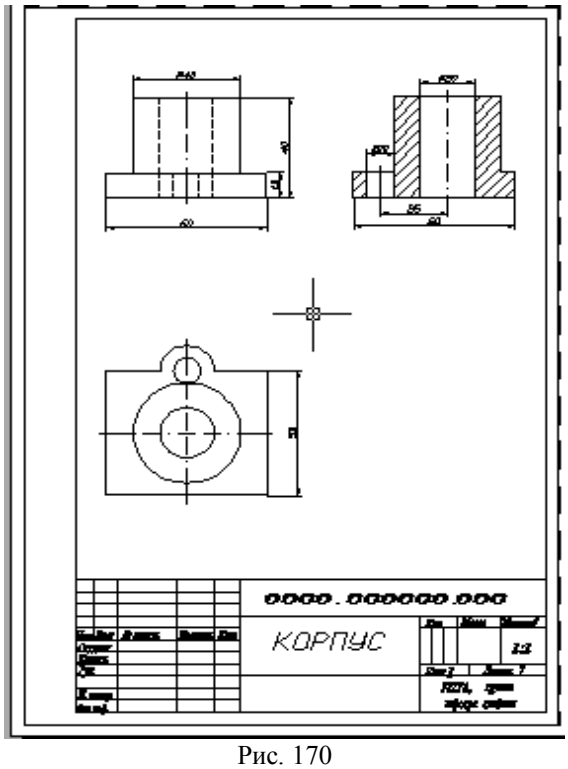


Рис. 170

16. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В процессе создания трёхмерной модели какого-либо изделия пользователь имеет дело с *каркасным* представлением модели. Все грани моделируемого объекта прозрачны, а потому на экране отображаются как видимые, так и невидимые ребра и изолинии криволинейных поверхностей. Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя разнообразные средства, позволяющие получить изображение трёхмерного объекта, близкое к ре-

альному. По степени сложности выполняемого преобразования и соответственно по качеству результата получаемые с помощью этих средств представления объекта на экране можно разделить на три группы:

- изображения со *скрытием невидимых линий и поверхностей* (***HIDE***);
- раскрашенные изображения *с нанесением теней* (***SHADE***);
- тонированные изображения с учетом характеристик материала, из которого «создан» объект, характеристик источников освещения и их расположения (***RENDER***).

16.1. УДАЛЕНИЕ НЕВИДИМЫХ ЛИНИЙ



Сложные трёхмерные объекты часто оказываются перегруженными множеством линий, что затрудняет чтение и просмотр результатов выполнения какой-либо команды. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) позволяет подавить скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии. Команда ***HIDE*** (СКРЫТЬ) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Hide*** (Скрыть) или щелчком мыши по пиктограмме ***Hide*** (Скрыть) плавающей панели инструментов ***RENDER*** (ТОНИРОВАТЬ).

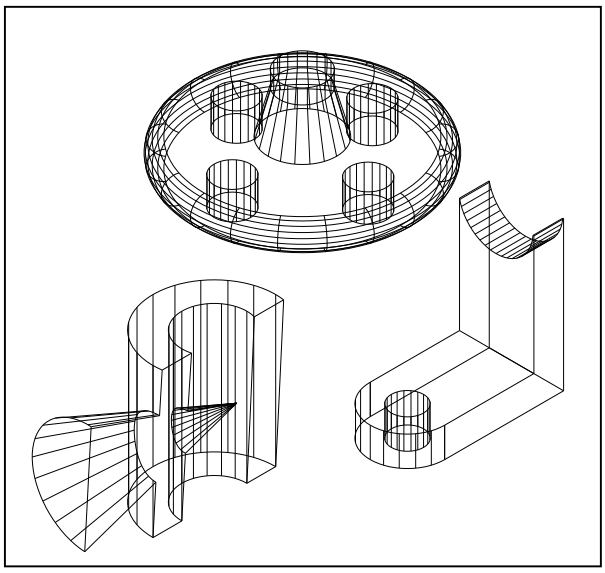
Выполнить упражнение № 134.

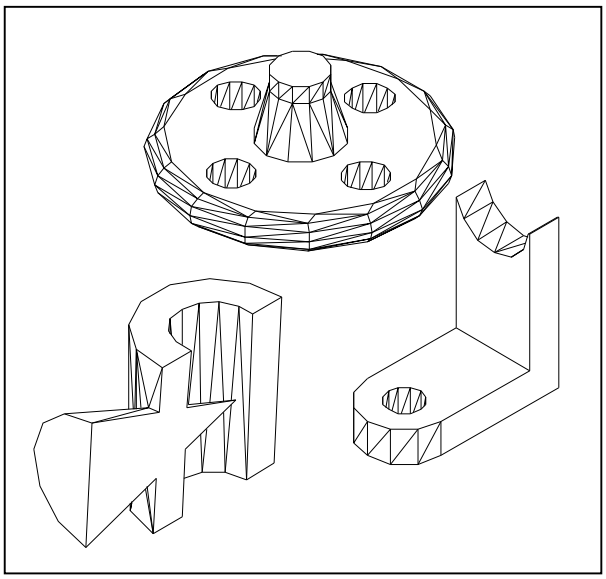
Удалить невидимые линии ***№ 134***



HIDE

Падающее меню ***VIEW → HIDE***





16.2. РАСКРАШИВАНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Раскрашивание – это упрощённая версия тонирования в ***AutoCAD***. Раскрашивание используется, когда необходимо быстро получить наглядное представление модели, особенно включающей пространственные объекты с поверхностями. При этом предусматривается наличие одного источника света, который автоматически размещается позади камеры. Для выполнения раскрашивания выберите в меню ***View*** (Вид) ⇒ ***Shade*** (Раскрашивание) или введите в командную строку команду ***SHADEMODE***. Ниже перечислены опции этой команды.

- ***2D wireframe*** (2М каркас). Отображение объектов в привычной каркасной модели без всякого раскрашивания;
- ***3D wireframe*** (3М каркас). Отображение объектов в виде каркасной модели, но вместе с трёхмерной пиктограммой ПСК;
- ***Hidden*** (Срыть). Эквивалентна выполнению команды **HIDE**;
- ***Flat Shaded*** (Без тени).Формирование «плоской» без полутонов заливки областей, ограниченных контурами граней. При этом не учитывается ориентация граней, а соответственно и изменение вследствие этого их освещённости;
- ***Gouraud shaded*** (Гуро). Формирование сглаженного полутонового перехода между поразному ориентированными гранями. В результате создаётся реалистичное представление объекта, подчёркивающее его криволинейную пространственную форму;
- ***Flat Shaded, Edges On*** (Без тени с кромками). Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер. Именно этот вариант рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов;
- ***Gouraud shaded, Edges On*** (Гуро с кромками). Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления рёбер. Этот вариант также рекомендуется устанавливать при выполнении редактирования раскрашенных объектов.

16.3. ТОНИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Панель инструментов RENDER (Тонировать) (рис.171).

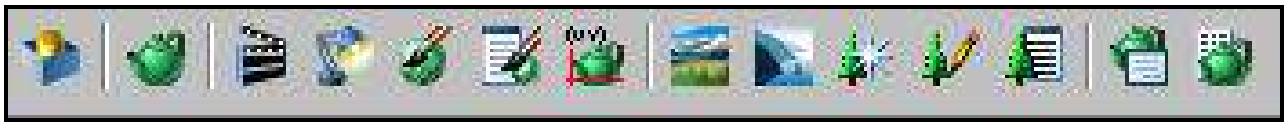
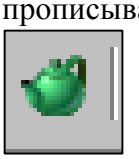


Рис. 171.

Плавность тонированных тел с криволинейными поверхностями регулирует системная переменная ***FACETRES***. Она связана с точностью аппроксимации, заданной в команде ***VIEWRES*** (НАСТРВИД). Если значение системной переменной ***FACETRES*** равно 1, степень аппроксимации криволинейных поверхностей тел равна степени аппроксимации окружностей, дуг и эллипсов. Если этой переменной присвоить значение 2, точность аппроксимации для тел будет вдвое выше, чем для окружностей, дуг и эллипсов и т. д. Значение ***FACETRES*** по умолчанию равно 0.5. Диапазон допустимых значений – от 0.01 до 10. Для изменения значения ***FACETRES*** в командной строке прописывается слово ***FACETRES***↵ / прописывается числовое значение от 0.01 до 10.



Диалоговое окно ***RENDER*** (Тонировать) загружается командой ***RENDER*** (Тонировать), которая вызывается из падающего меню Падающее меню ***View*** (Вид)⇒ ***Render…*** (Тонировать…) ⇒ ***Render*** (Тонировать) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов.

Вывод тонированного изображения определяется в области ***Destination*** (Место назначения), для чего нужно выбрать одно из трёх значений раскрывающегося списка:

- ***Viewport*** (Видовой экран) – вывод изображения в видовой экран;
- ***Render Window*** (Окно) – отдельное окно ***Render***;
- ***File*** (Файл) – в файл.

Программа ***AutoCAD*** предоставляет в распоряжение пользователя три вида тонирования:

- ***Render*** (Упрощенное) - тонирование без добавления источников света, присвоения материалов и определения сцен. Данный режим предоставляет наименьшие возможности на-

стройки и моделирования различных эффектов визуализации, но позволяет быстрее всего получить результаты;

- ***Photo Real*** (Фотореалистичное) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также моделировать различные эффекты при отображении теней;
- ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) – ещё более реалистичное тонирование, основанное на алгоритме обратной трассировки световых лучей для регенерации отражения, преломления и точного определения освещённости.

Загрузка системы тонирования происходит автоматически при первом запуске команды тонирования: ***RENDER*** (Тонировать), ***SCENE*** (СЦЕНА), ***LIGHT*** (СВЕТ), ***RMAT*** (МАТЕРИАЛ), ***MATLIB*** (Библиотека Материалов), ***BACKGROUND*** (ФОН) и др.

Выполнить упражнение № 135.

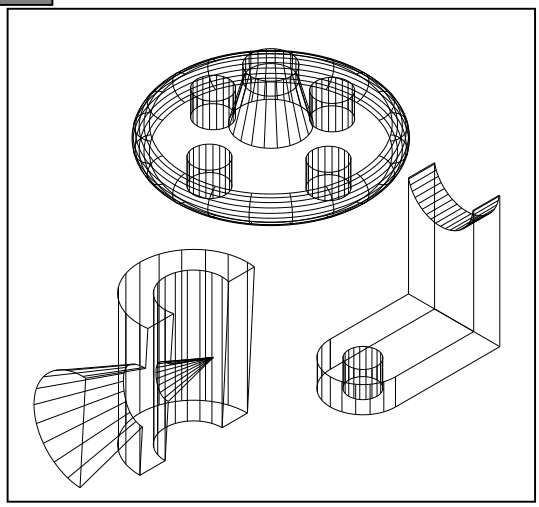
Тонировать объекты ***№ 135***

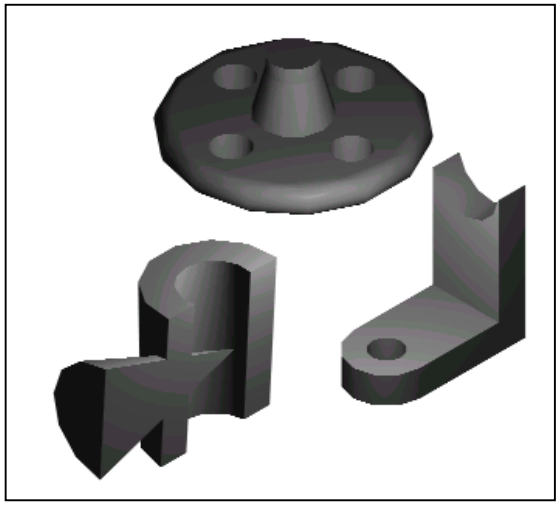


RENDER

Падающее меню ***VIEW → RENDER → RENDER***

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.4. ВКЛЮЧЕНИЕ ФОНА В ИЗОБРАЖЕНИЕ СЦЕНЫ

В ***AutoCAD*** имеется несколько функций для добавления фона в создаваемую сцену. В качестве фона можно выбрать изображение неба, добавить элементы ландшафта и др., вызываемой командой ***BACKGROUND*** (ФОН).



Команда ***BACKGROUND*** (ФОН) загружается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render…***(Тонировать…)⇒***Background*** (Фон) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. Существуют четыре типа фона, которые выбираются соответствующими переключениями:

- ***Solid*** (Сплошной) – сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов;
- ***Gradient*** (Переход). Фон содержит до трёх цветов, плавно переходящих друг в друга;
- ***Image*** (Изображение) – фон в виде растровой картинки. Эту картинку можно изменять по размеру и положению, а также можно размножить по прямоугольной сетке, заполняя весь фон;
- ***Merge*** (Слияние). Позволяет использовать в качестве фона текущее изображение на экране ***AutoCAD***. Это имеет смысл в том случае, когда тонирование выполняется только по отношению к части экрана. В результате формируется совмещённое изображение тонированного объекта и нетонированного фона.

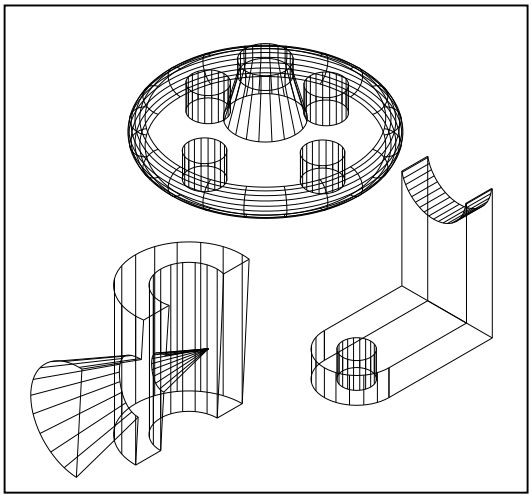
Выполнить упражнение № 136.

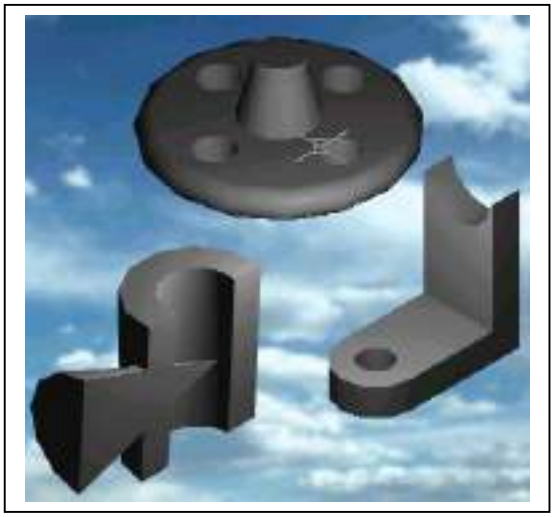
Тонировать объекты с установкой тона ***№ 136***



BACKGROUND

Падающее меню ***VIEW → RENDER → BACKGROUND***
В диалоговом окне BACKGROUND установить режим Image.
В области Image в поле Name ввести имя файла sky.tga
или найти другой файл, нажав кнопку Find File (Найти файл)
В диалоговом окне Render нажать кнопку Render

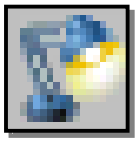




16.5. НАСТРОЙКА ОСВЕЩЕНИЯ

При настройке процесса тонирования по умолчанию ***AutoCAD*** использует один источник света позади камеры. Однако это редко бывает достаточно. В ***AutoCAD*** имеется четыре вида источника света: рассеянный свет (***Ambient light***) и направленные источники света трёх типов:

- ***Point light*** (Точечный источник) – это аналог обычной электрической лампочки. Свет проходит из определённой точки в пространстве модели и распространяется по всем направлениям. Точечный свет рассеивается, то есть его интенсивность уменьшается по мере удаления от источника;
- ***Distance light*** (Удалённый источник) – соответствует солнечному освещению. Источник расположен очень далеко, поэтому световой поток предполагается параллельным, и не учитывается спад интенсивности;
- ***Spotlight*** (Прожектор) – отличается от точечного источника света тем, что создаёт направленный световой поток. Поэтому для прожектора указывается не только его расположение, но и положение целевой точки – два набора координат вместо одного. Кроме того, прожектор имеет более яркий центр вместо одного.



Формирование новых и модификация уже созданных источников света осуществляются командой ***LIGHT*** (СВЕТ), вызываемой из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Light*** (Свет) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Lights*** (Источники света) (рис. 172).

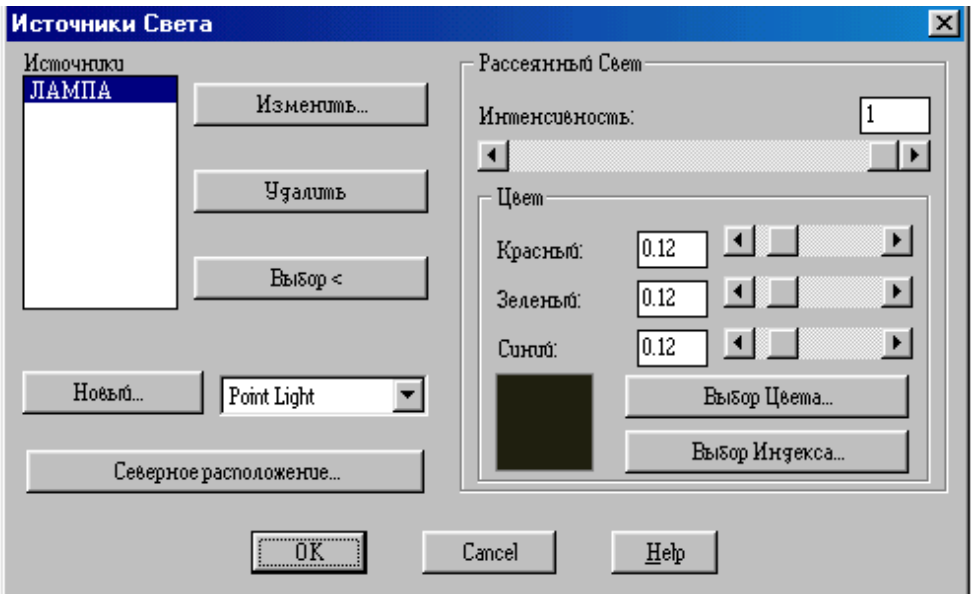


Рис. 172.

Выполнить упражнение № 137.

Создание точечного источника света ***№ 137***



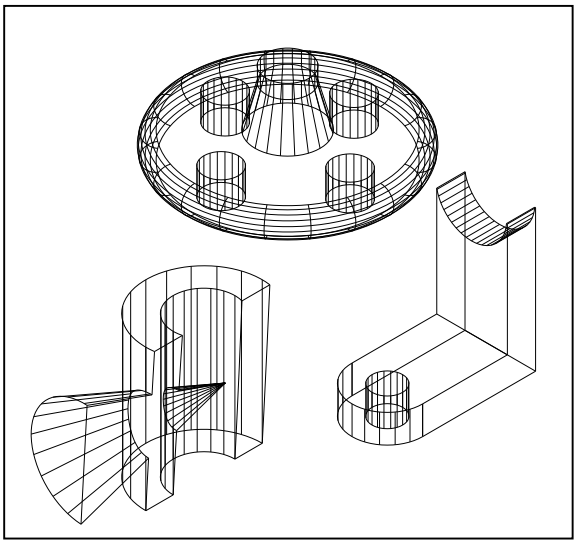
LIGHT Падающее меню ***VIEW → RENDER → LIGHT***

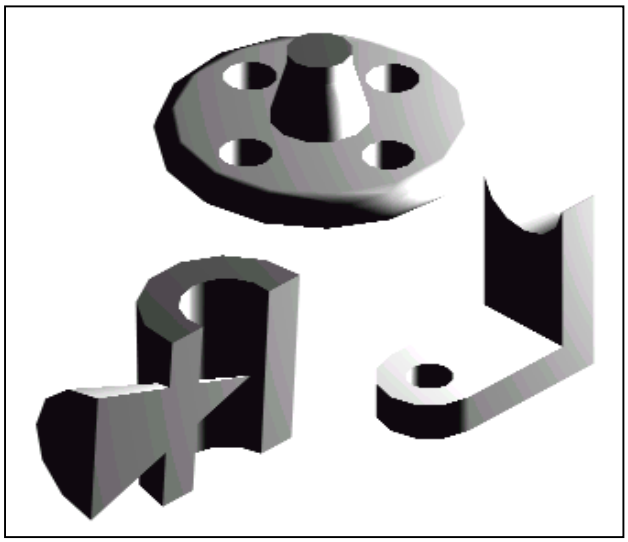
В диалоговом окне Lights (Источники света) выбрать Point Light и нажать кнопку New (Новый).

В поле Name диалогового окна New Point Light ввести имя источника света (можно создать несколько источников) и нажать кнопку Показать/Изменить, ОК (на экране появятся точечные объекты, показывающие нахождение созданных источников света).

Курсором мыши можно изменить местонахождение источников света, ОК

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





16.6. ТЕНИ

Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча) и отключается при тонировании флажком-выключателем ***Shadows*** (С тенями). В режиме ***Render*** (Упрощенное) свет проходит сквозь поверхности, не создавая теней.

Тени бывают трёх типов: объёмные, карты теней и тени трассировки луча. Настройка типа тени осуществляется в диалоговом окне источника света любого типа, например, в диалоговом окне ***New Point Light*** (Новый точечный источник света). Для этого необходимо в области ***Shadows:*** (Тени:) установить флажок ***Shadows On*** (Включить) и щелкнуть по кнопке ***Shadows Options…***(Параметры теней…). В раскрывшемся окне ***Shadows Options…***(Параметры теней…) включенный флажок ***Shadows Volumes/Raytrace*** (Объёмные тени/Тени трассировки луча) устанавливает тени для режима ***Photo Real*** (Фотореалистичное) и режима ***Photo Raytrace*** (Трассировка луча).

16.7. РАБОТА С МАТЕРИАЛАМИ

В ***AutoCAD*** под материалами понимаются оптические свойства отдельного объекта модели – цвет, шероховатость, текстура поверхности, способность к поглощению и отражению света.



Команда **RMAT** (Материал) вызывается из падающего меню ***View*** (Вид)⇒***Render*** (Тонировать)⇒***Materials…***(Материал…) или щелчком мыши по пиктограмме ***Render*** (Тонировать) одноимённой панели инструментов. При этом загружается диалоговое окно ***Materials*** (Материалы) (рис. 173).

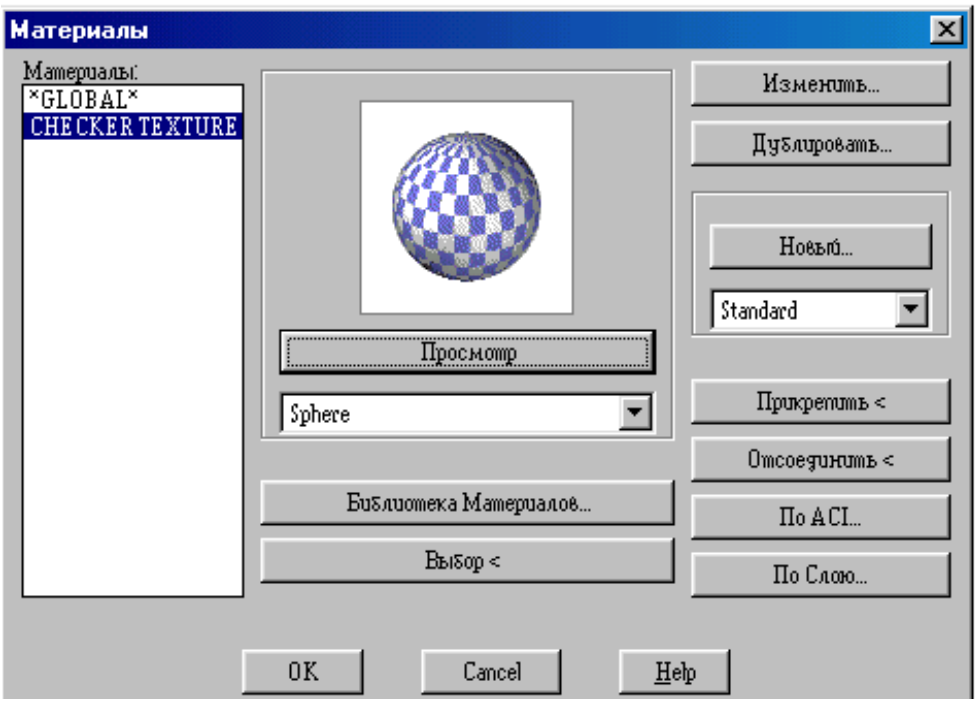


Рис. 173.

Выполнить упражнение № 138.

Тонировать объекты с установкой материала ***№ 138***



RMAT Падающее меню ***VIEW → RENDER → MATERIALS***

В диалоговом окне MATERIALS (Материалы) выбрать кнопку Materials Library (Библиотека материалов).

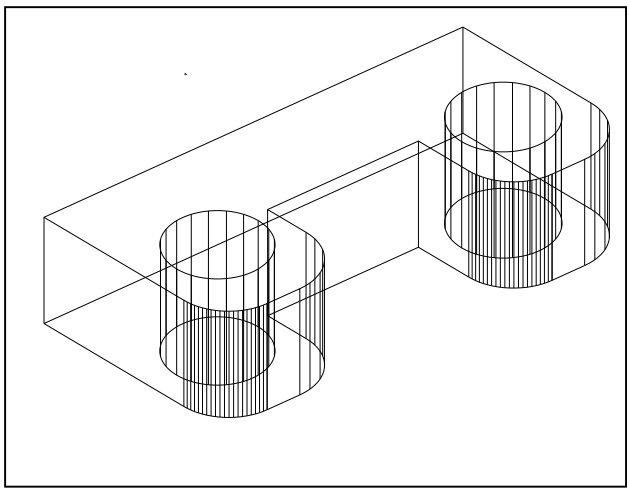
В диалоговом окне Materials Library (Библиотека материалов) в области Current Library (Текущая библиотека) подобрать материал:CHECER TEXTURE, просматривая его в окне Preview.

Импортировать материал в область Current Drawing (Текущий рисунок), нажав кнопку <-Import.

В диалоговом окне MATERIALS выбрать кнопку Attach< (Присвоить).

Выбрать объект.

В диалоговом окне Render нажать кнопку Render





ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Построить твердотельную модель заданной детали (прил. 5).

2. Построить твердотельную модель заданной детали, согласно своему варианту (прил. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерная графика – дисциплина, обучающая методам изображения предметов и общим правилам черчения с применением компьютерных технологий.

Скорость, точность и легкость, с которыми создаются модели проектируемых изделий, широкие возможности их преобразования и редактирования, различные способы получения плоских изображений этих изделий (видов, разрезов, сечений), ассоциативно связанных с моделями, - все это обеспечивает огромную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Но при этом не следует забывать о законах формирования геометрических моделей, теория которых излагается в начертательной геометрии.

Многообразие систем информационных технологий требует от специалиста умения применять свои знания при решении конкретной задачи, компонентами которых являются: умение осознать, формулировать и творчески решать задачи; умение ориентироваться в многообразии программных продуктов, существующих на сегодняшний день; чётко представлять возможности и характеристики того или иного пакета прикладных программ; умение выбрать наиболее оптимальный путь из предложенных для решения конкретной задачи; умение быстро перестраиваться при смене программного обеспечения.

Как показывает анализ действий специалистов на предприятиях различного профиля, можно быть прекрасным программистом, владеющим средствами вычислительной техники и совершенно не представляющим, как формируется модель изделия. И наоборот, можно быть специалистом в своей предметной области и не учитывать специфических особенностей использования вычислительной техники и программных средств.

Однако геометрическая теория моделирования позволяет объединить знания для раскрытия возможностей применения определённых алгоритмов и взаимодействия их с различными пакетами прикладных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы сечения. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

ЕСКД. ГОСТ 2.305-68. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах. М.: Гос. ком. стандартов СССР, 1984.

Романычева Э. Т., Соколова Т. Ю. Компьютерная технология инженерной графики в среде AutoCAD 2000: Учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2001. 656 с.

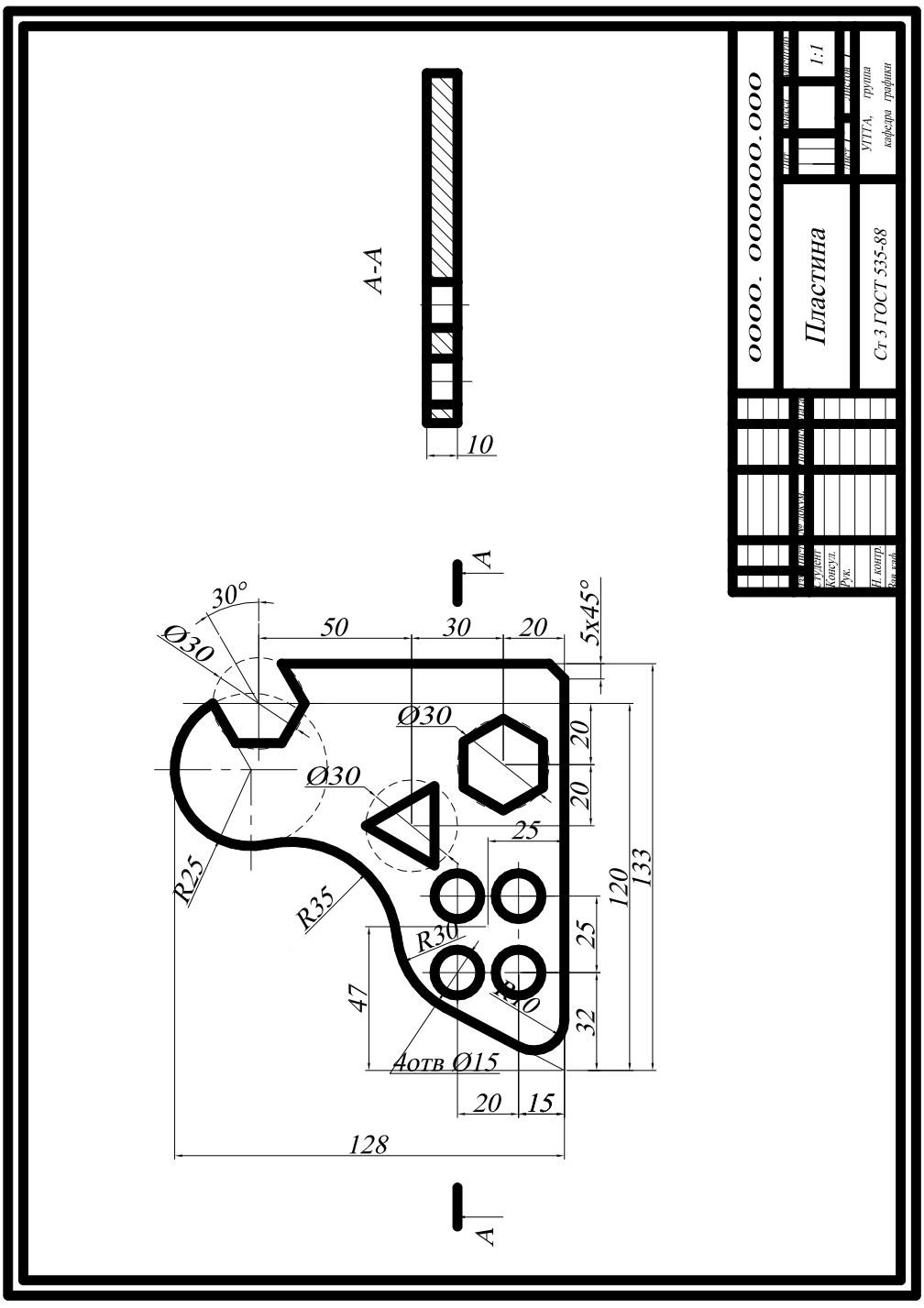
Шангина Е.И. Инженерная графика. Теория и приложения: Учебно-методическое пособие (допущено УМО РФ в области горного дела). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 256 с., ил.

Федоренков А. П., Басов К. А., Кимаев А. М. AutoCAD 2000: Практический курс. М.: Издательство «ДЕСС», 2000. 528 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

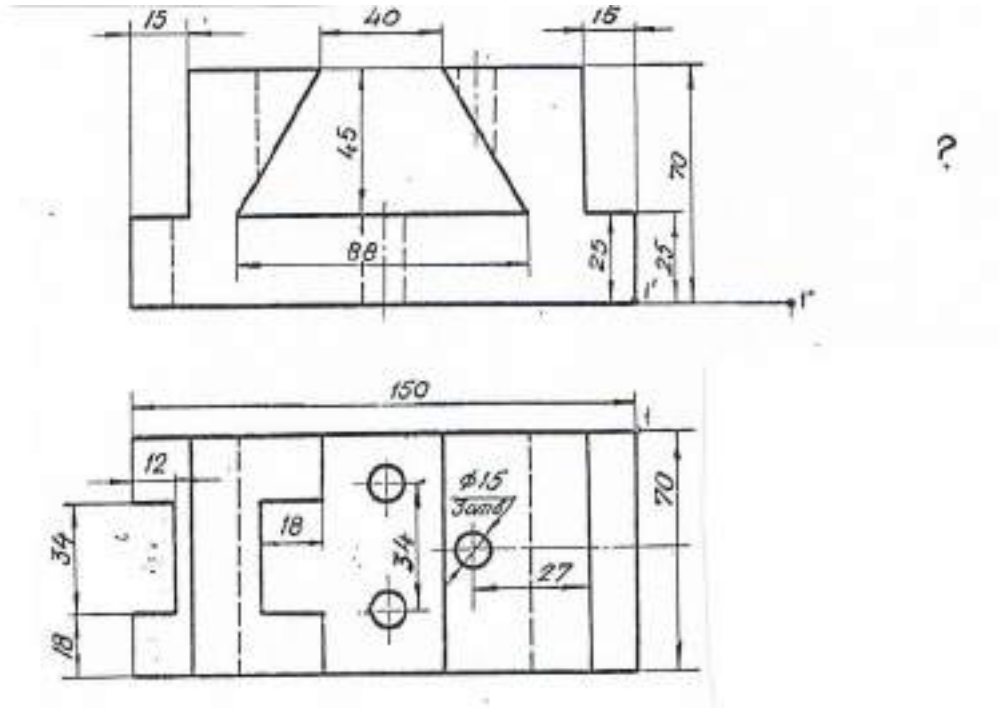
Приложение 1

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

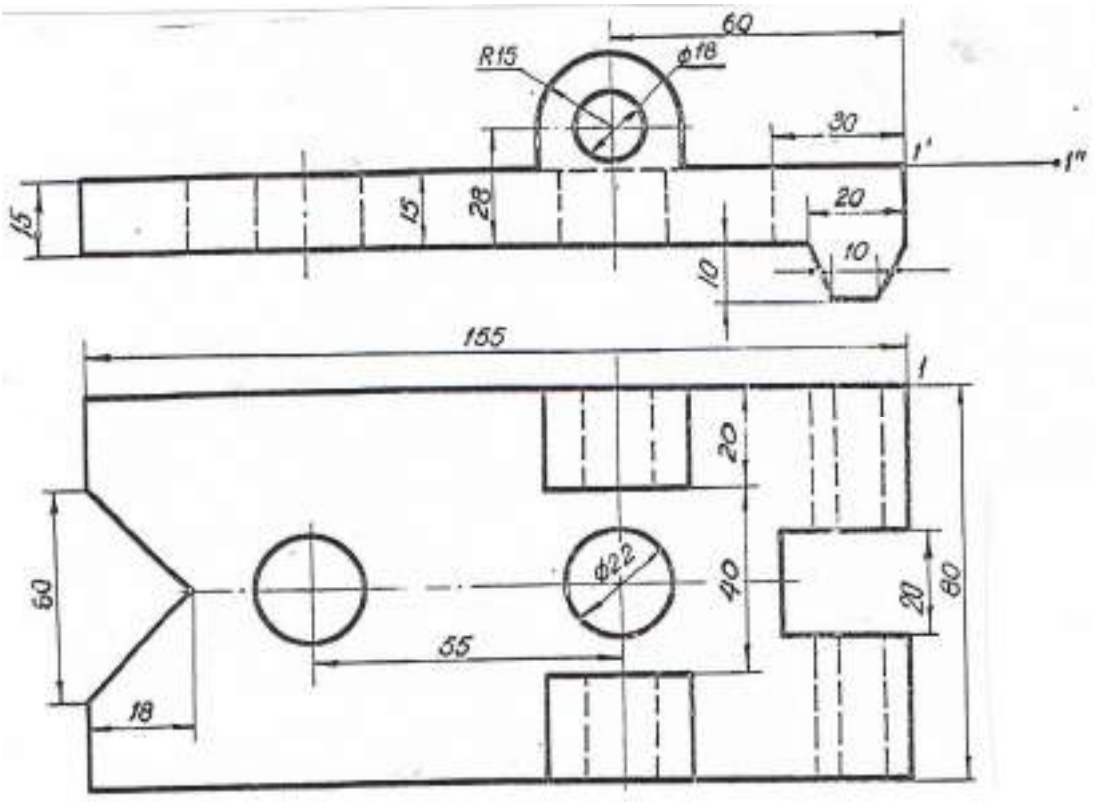


Приложение 2

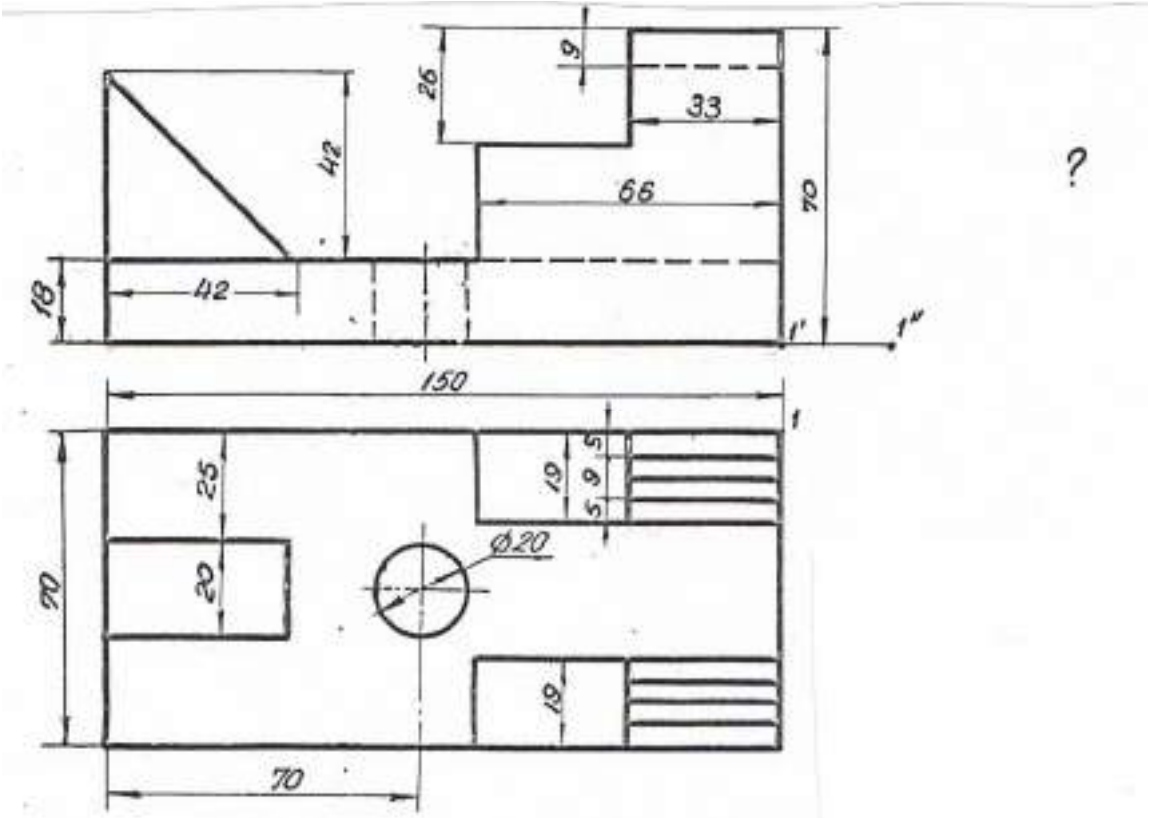
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 1



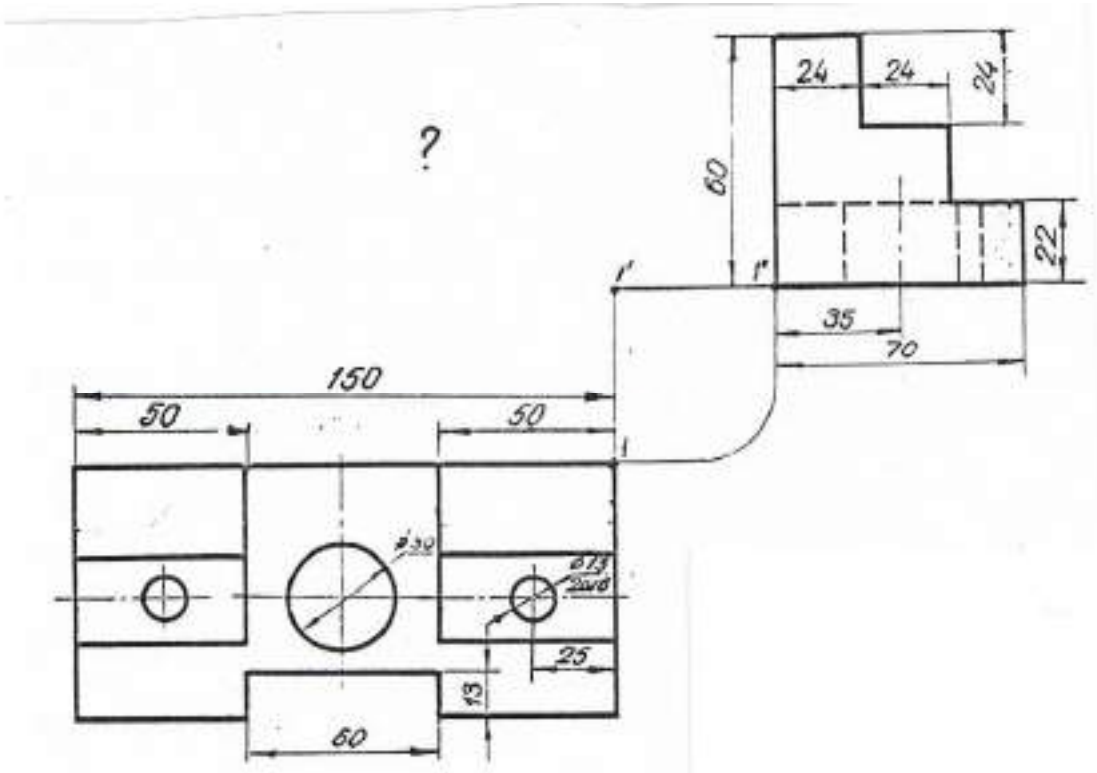
Вариант 1. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и половину профильного разреза.



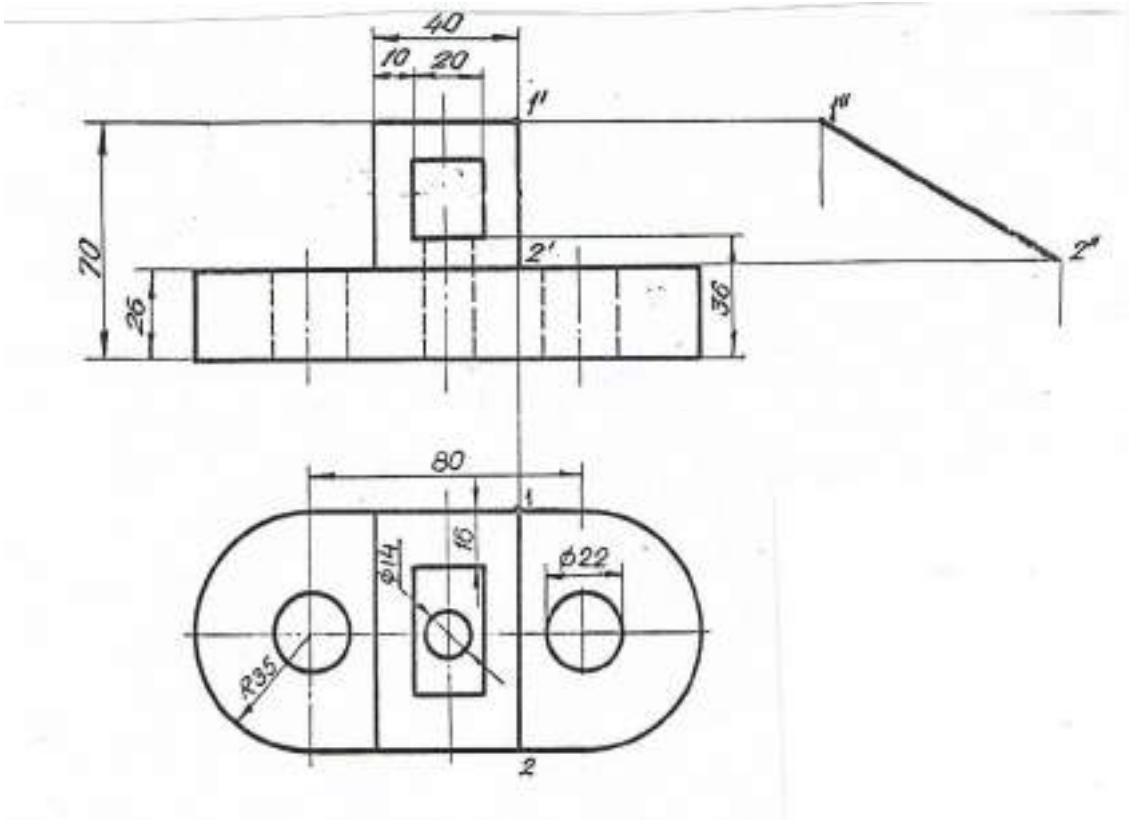
Вариант 2. Вычертить накладку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



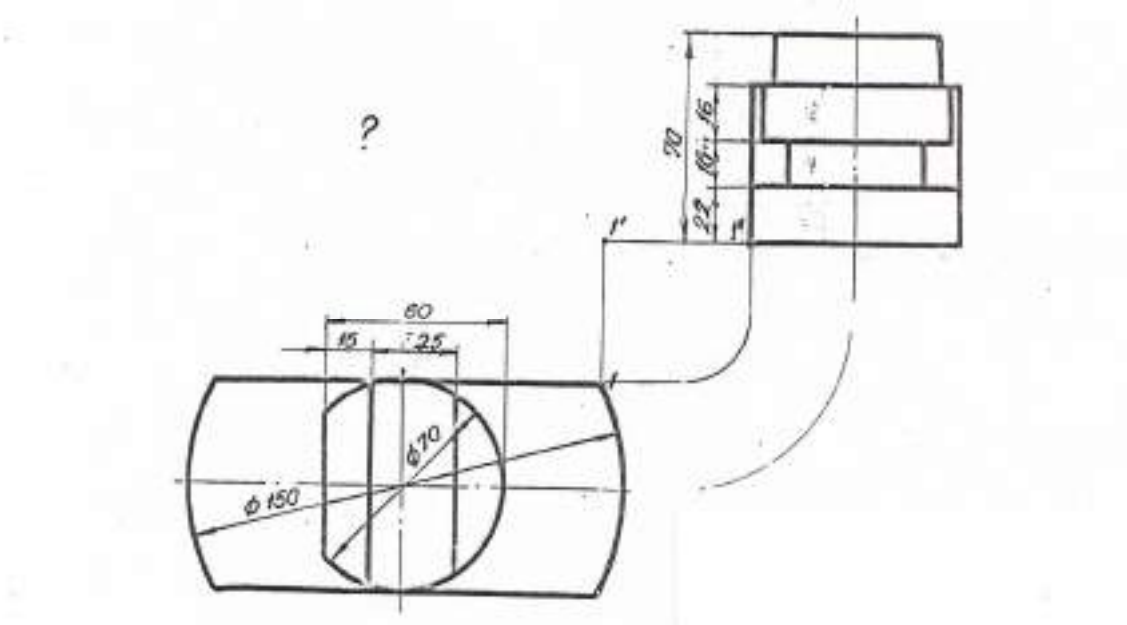
Вариант 3. Вычертить ограничитель в масштабе 1:1 и достроить вид слева. Выполнить половину профильного разреза



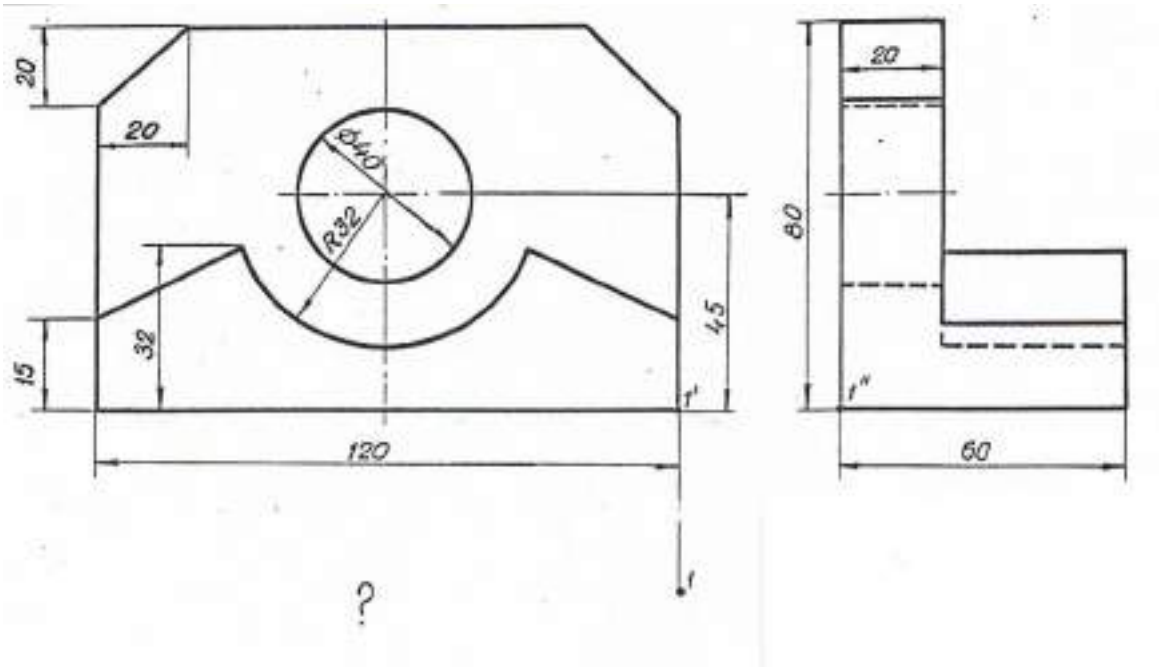
Вариант 4. Вычертить подкладку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и профильный разрезы.



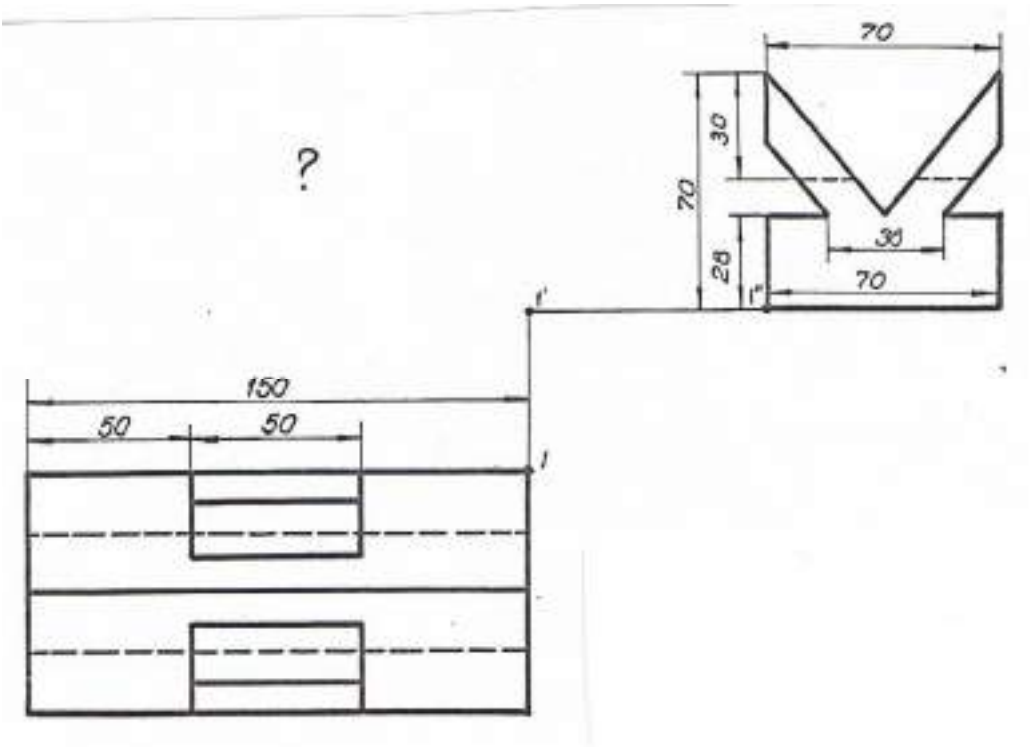
Вариант 5. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить фронтальный и профильный разрезы.



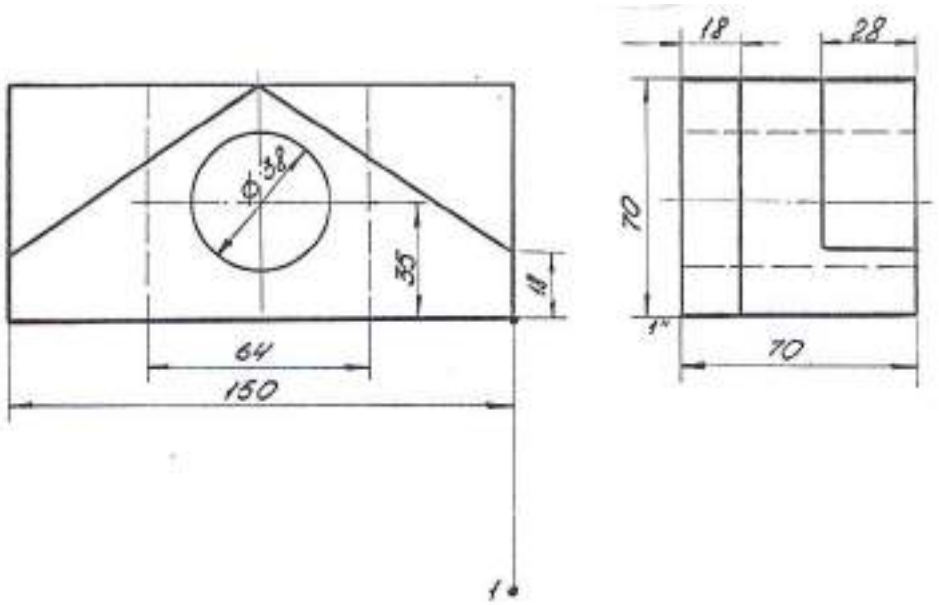
Вариант 6. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.



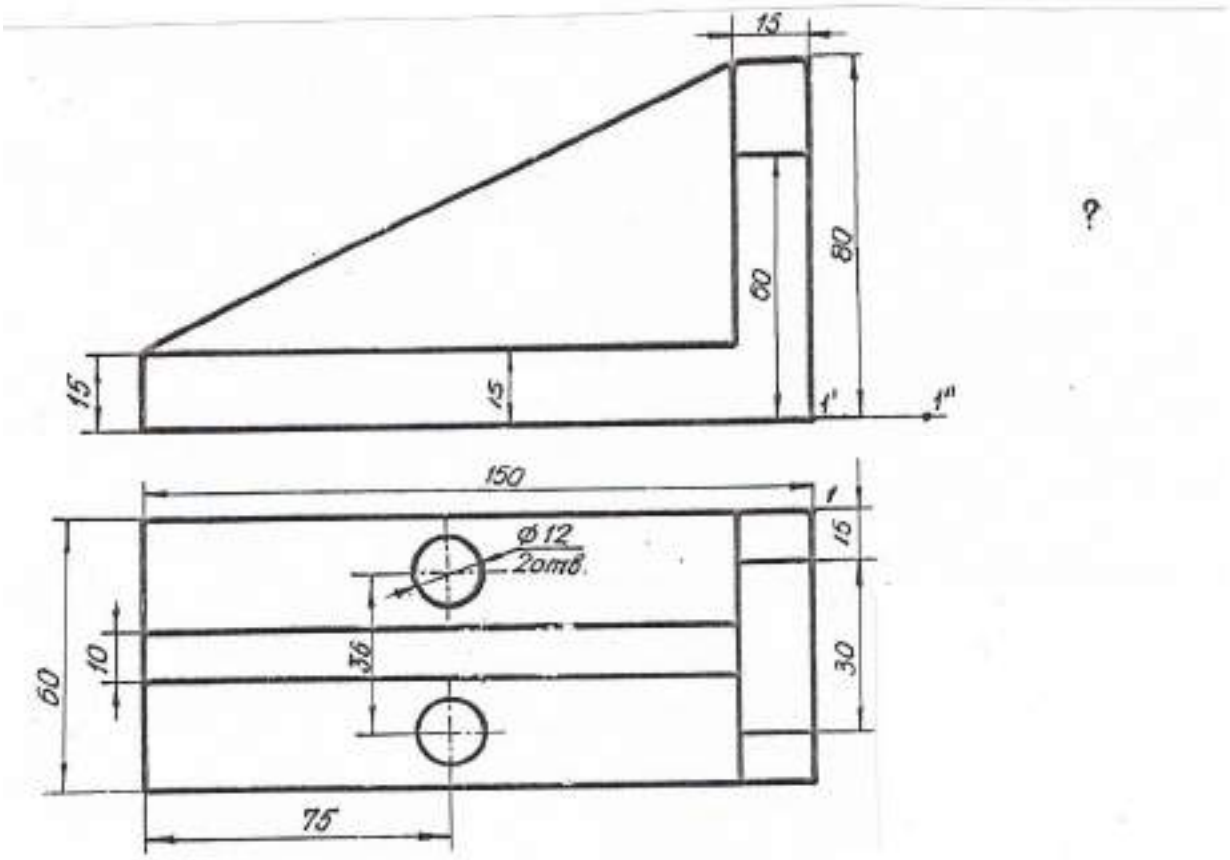
Вариант 7. Вычертить кулачок в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.



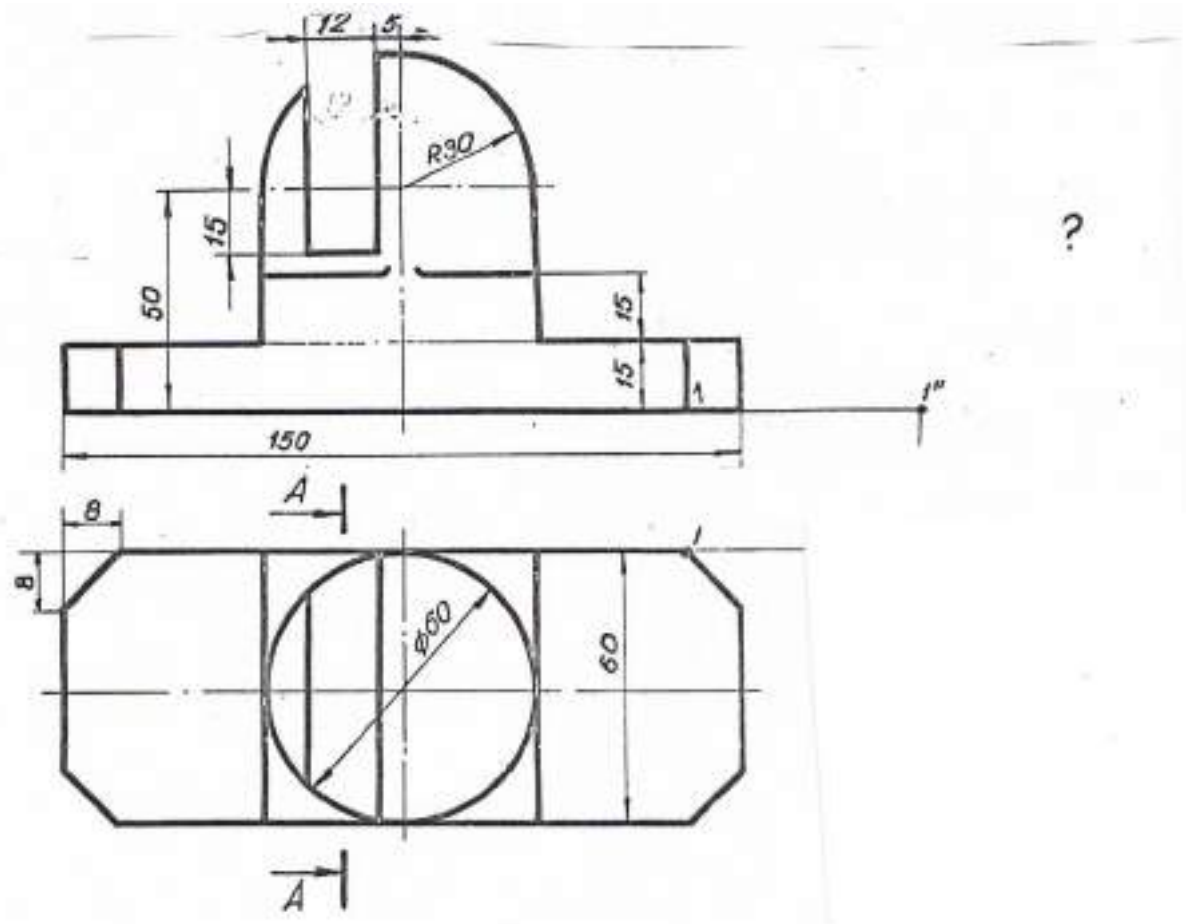
Вариант 8. Вычертить призму в масштабе 1:1 и достроить главный вид.



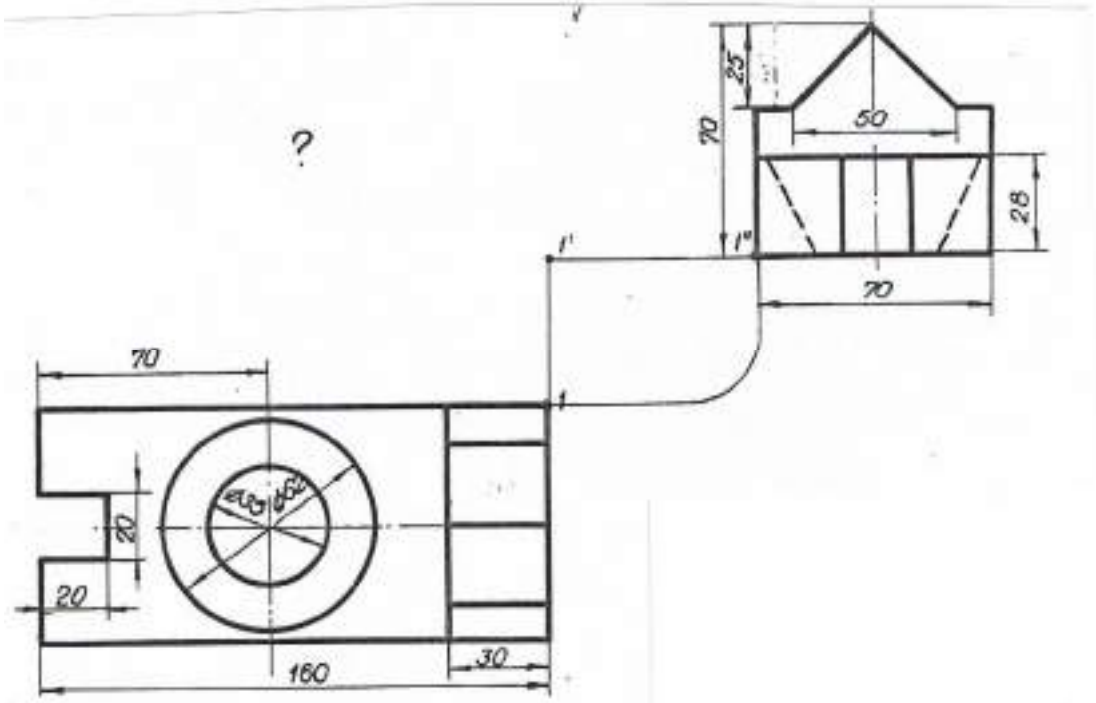
Вариант 9. Вычертить вкладыш в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Выполнить горизонтальный разрез.



Вариант 10. Вычертить угольник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез.



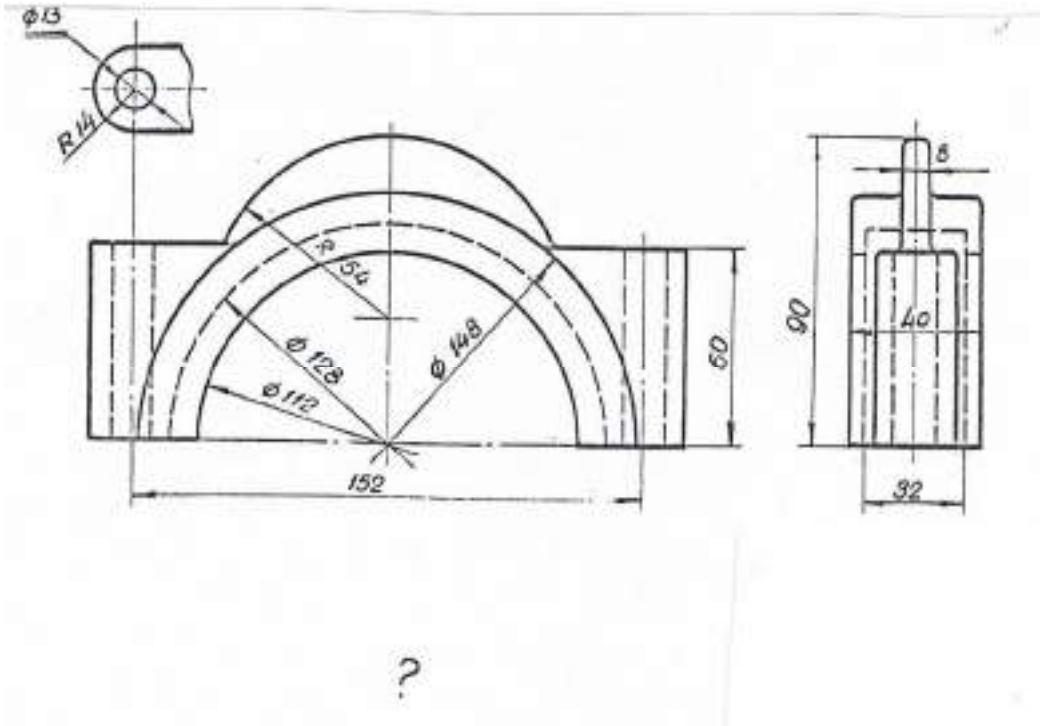
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Выполнить половину разреза А-А.



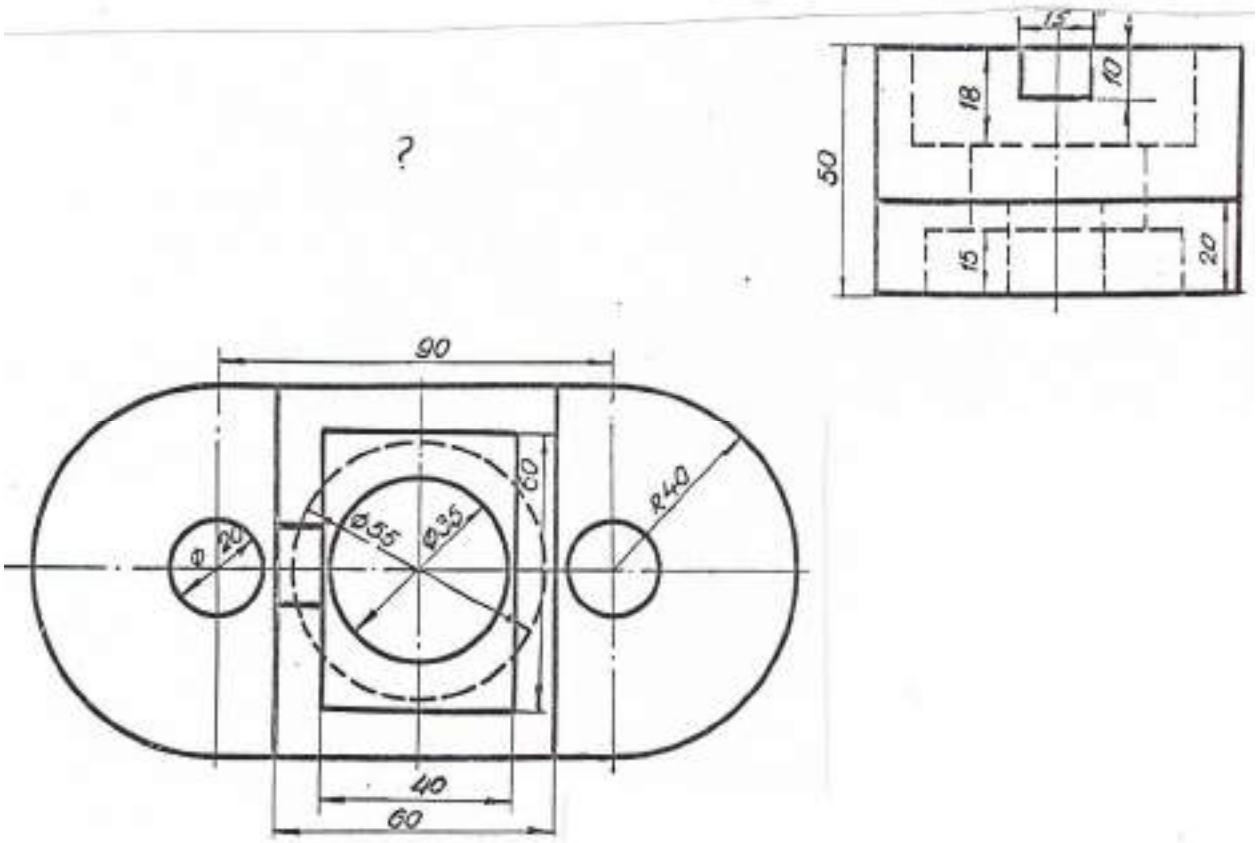
Вариант 12. Вычертить упор в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину профильного разреза.

Приложение 3

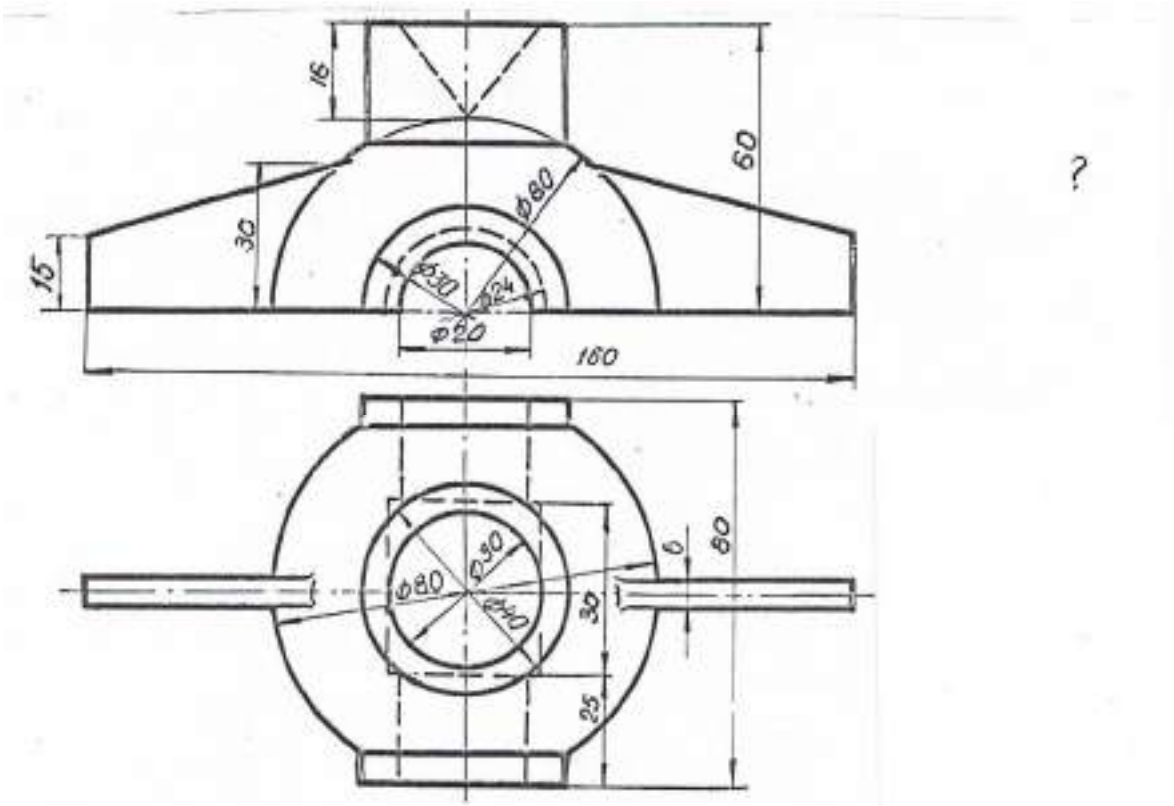
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2



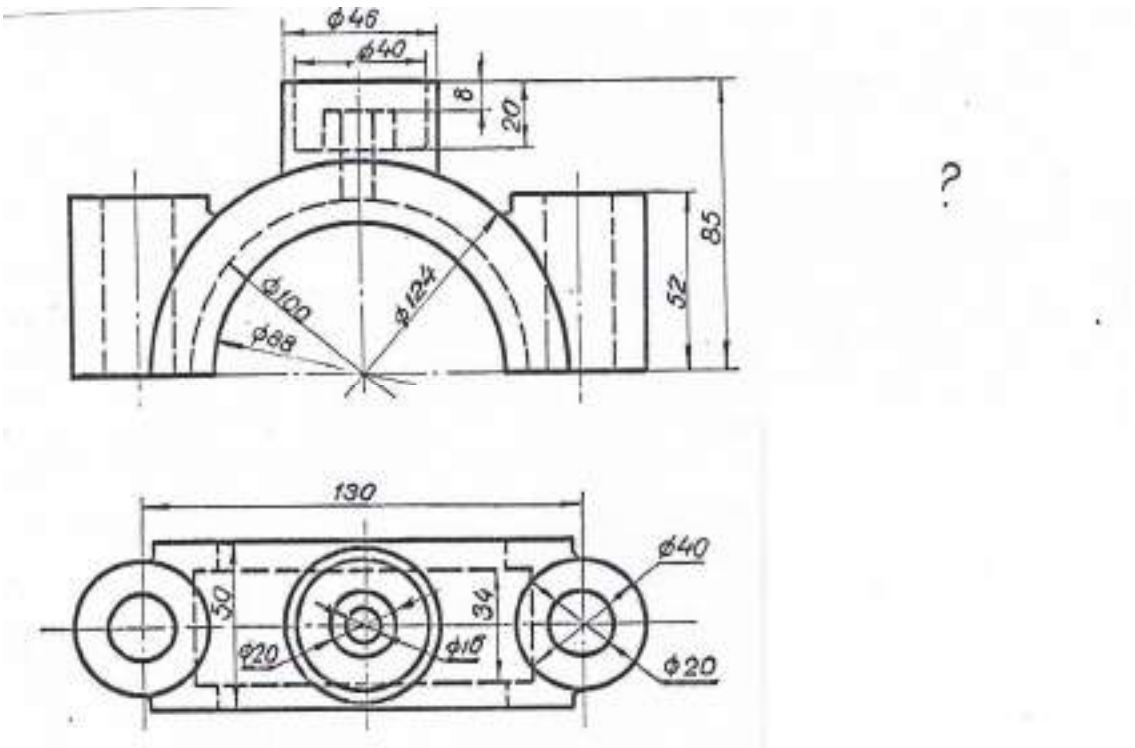
Вариант 1. Вычертить корпус бугеля в масштабе 1:1, достроить вид сверху, сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



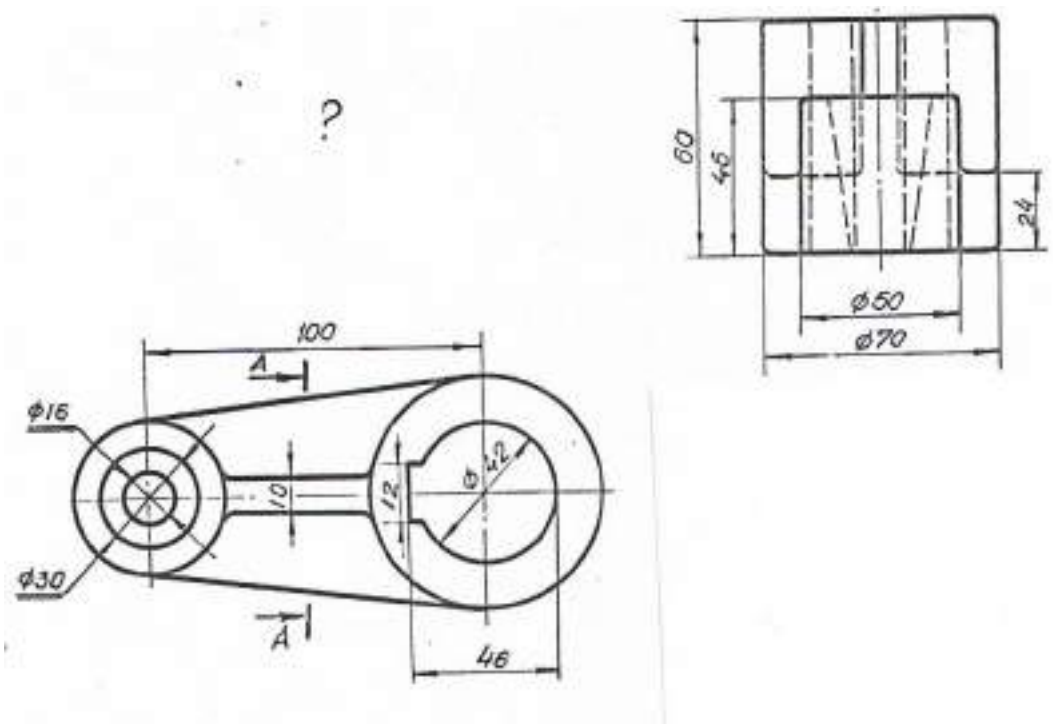
Вариант 2. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид спереди. Сделать фронтальный и половину профильного разрезов.



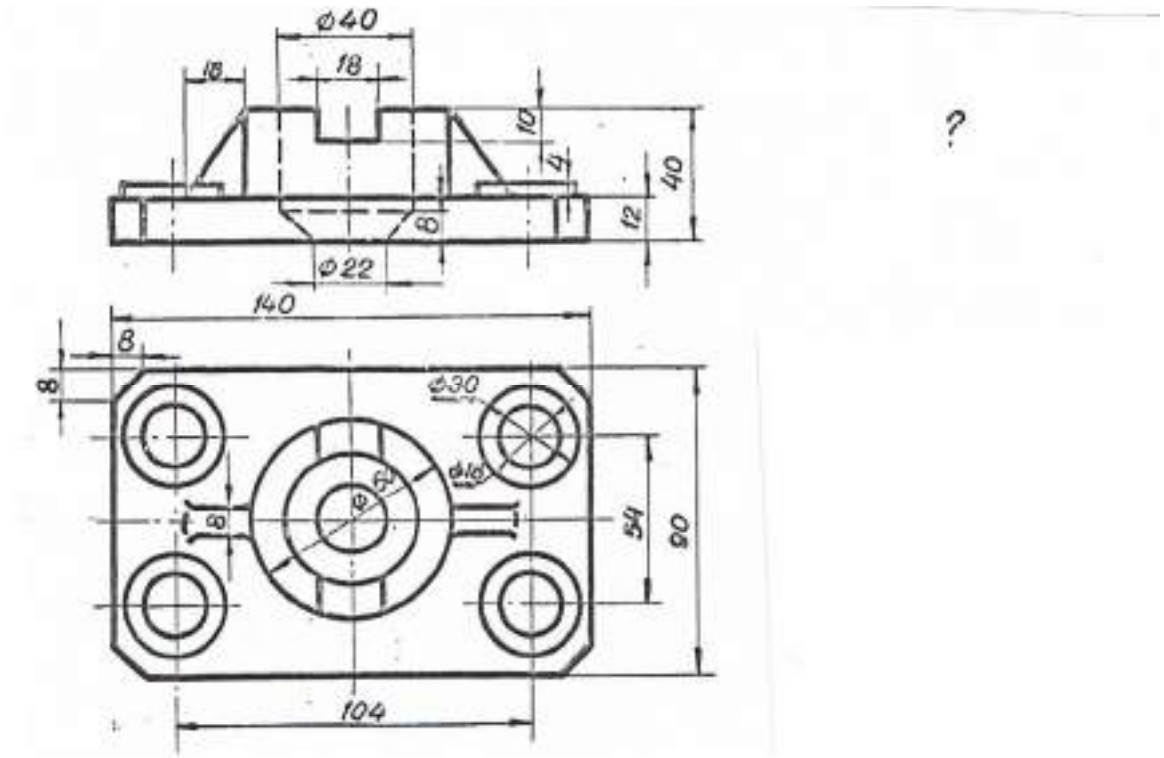
Вариант 3. Вычертить крышку в масштабе 1:1, достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



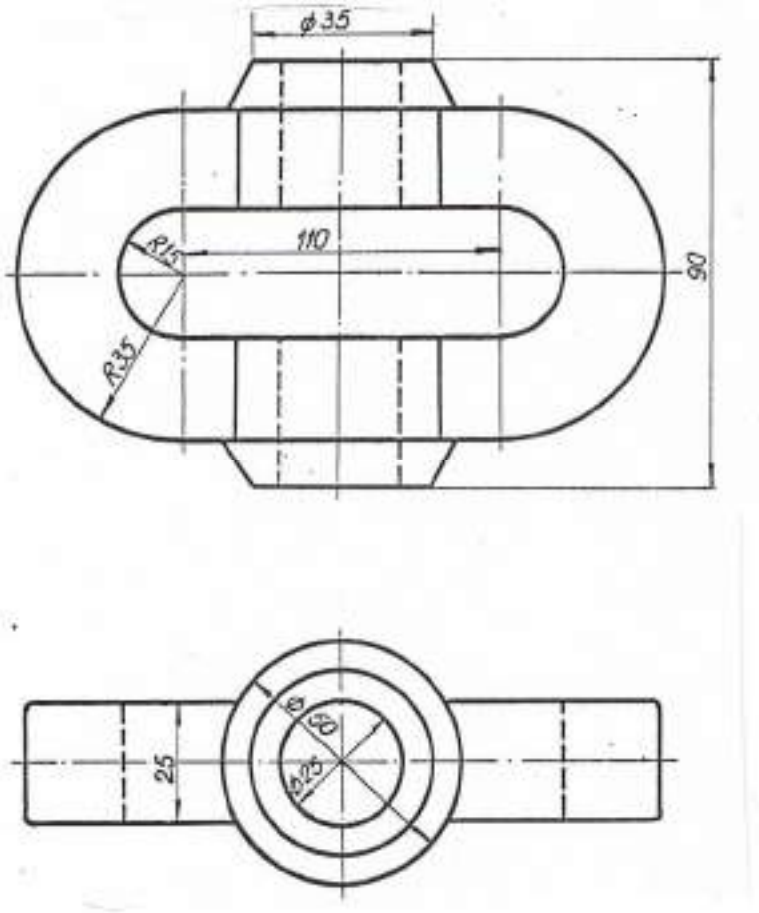
Вариант 4.Вычертить крышку подшипника в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



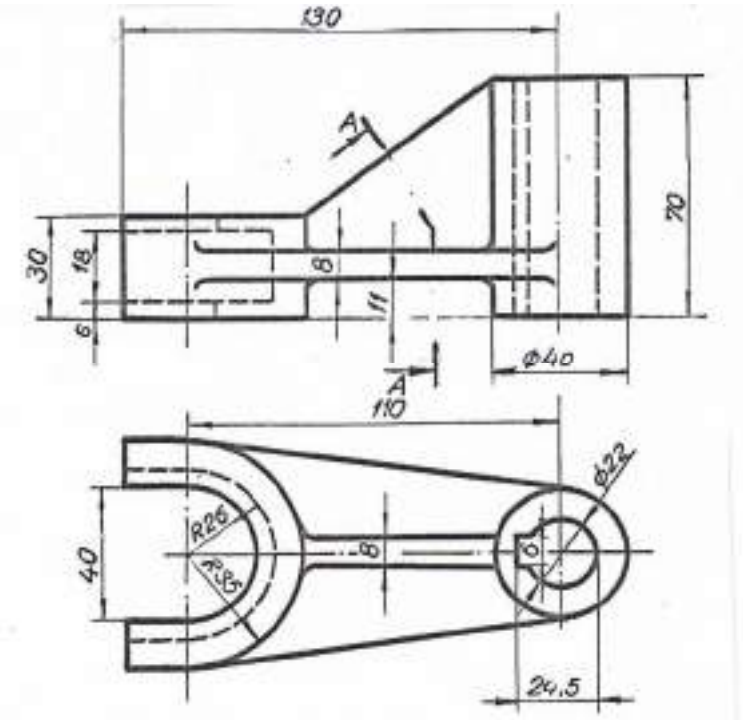
Вариант 5. Вычертить шатун в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



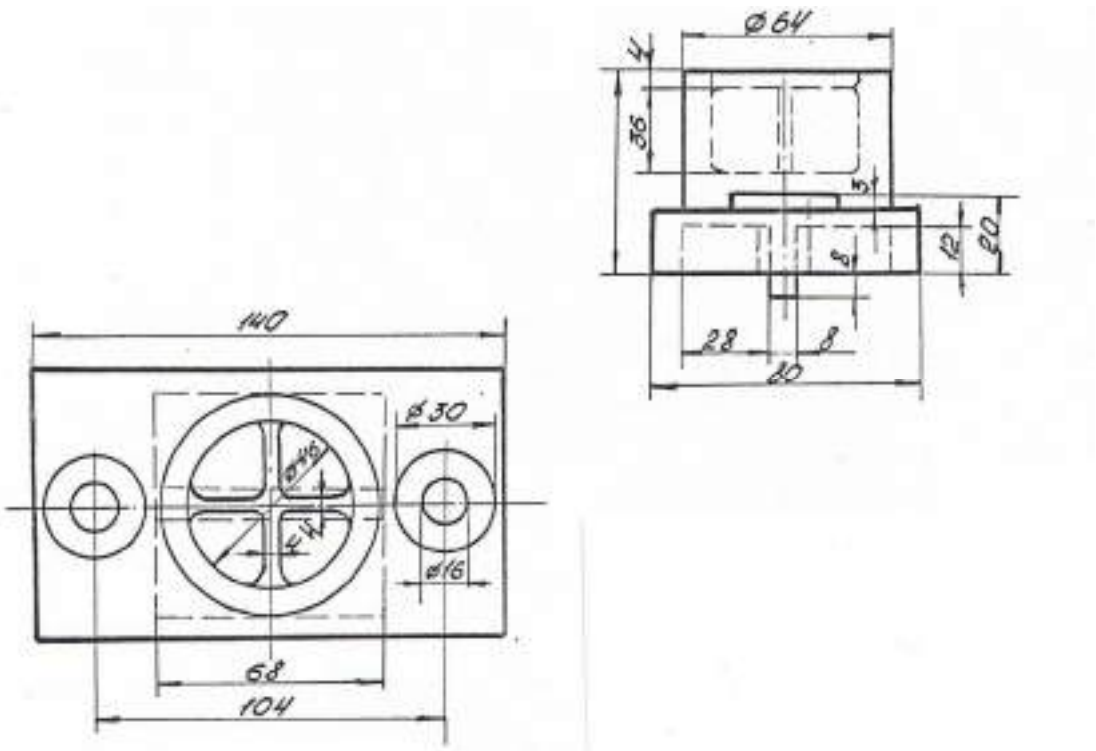
Вариант 6. Вычертить плиту в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать ступенчатый фронтальный разрез и половину профильного разреза.



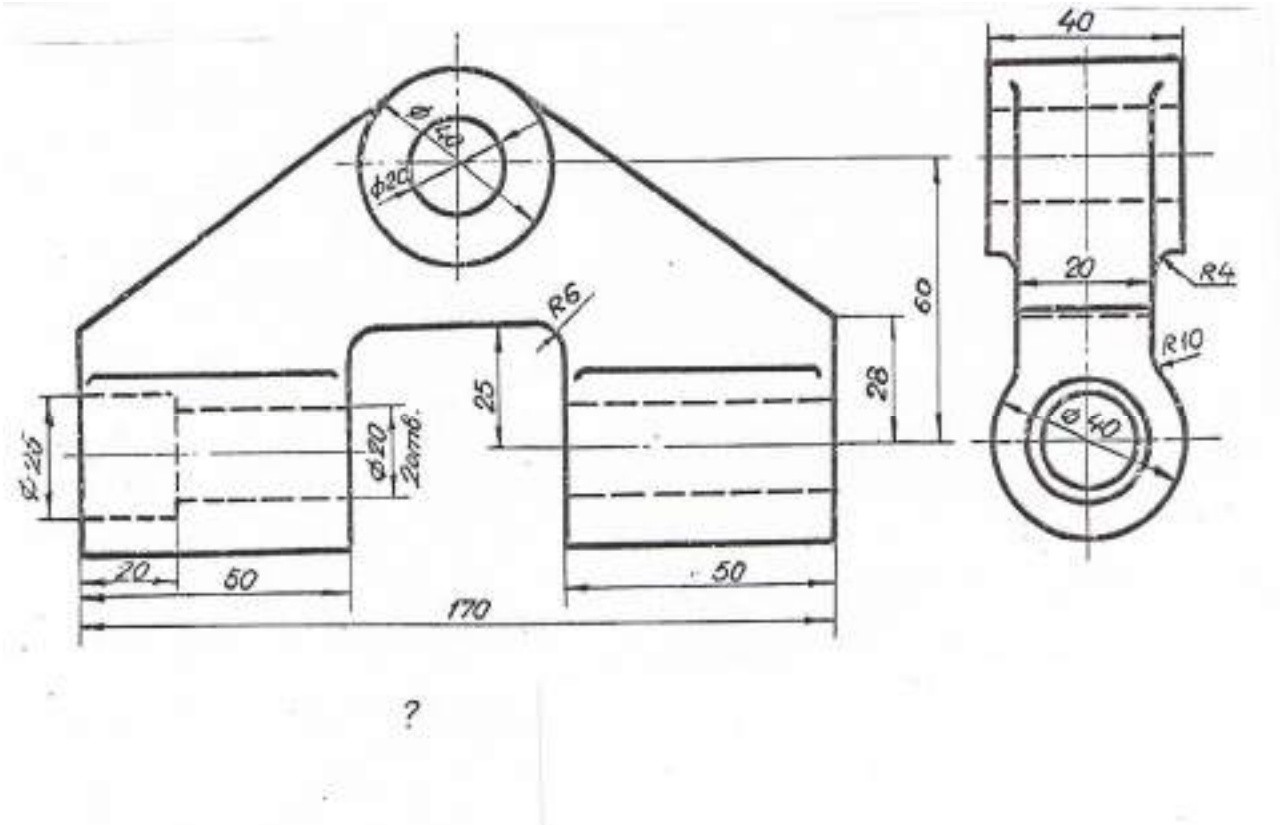
Вариант 7. Вычертить петлю в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать половину профильного и половину горизонтального разрезов.



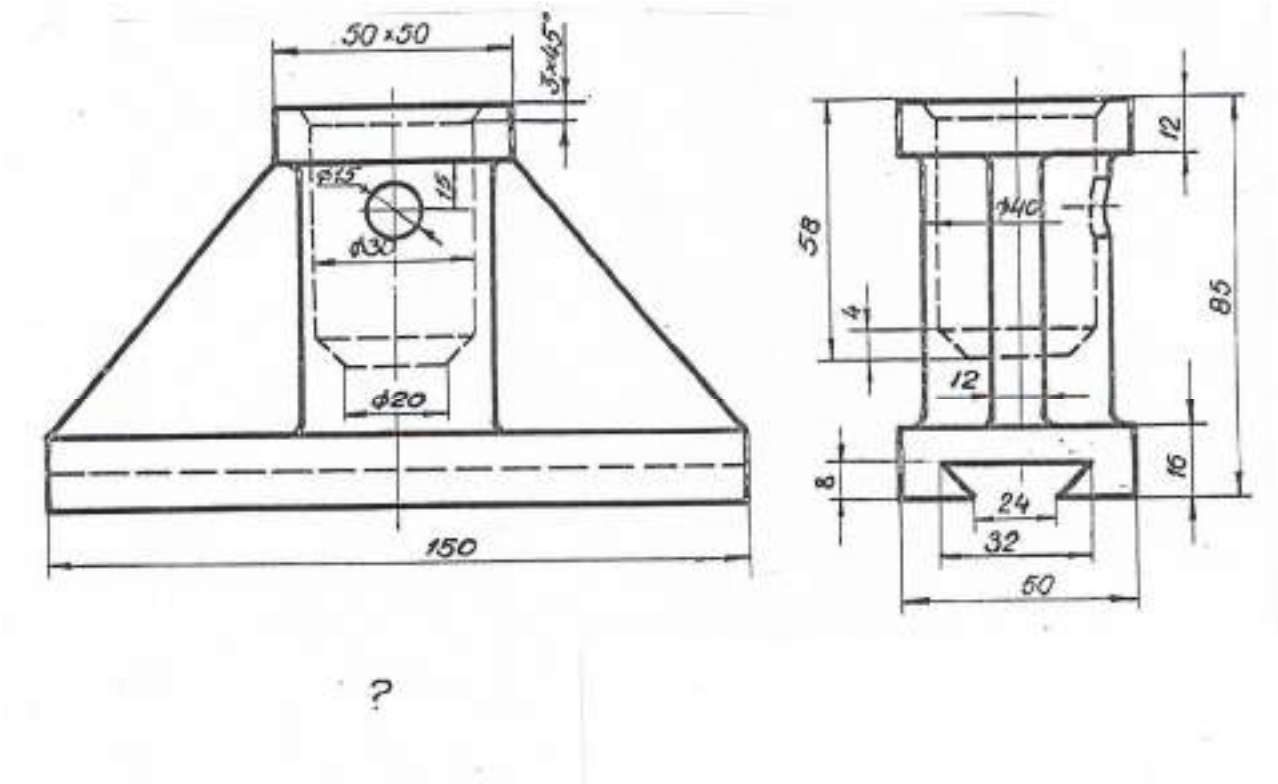
Вариант 8. Вычертить вилку в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать фронтальный разрез и сечение А-А.



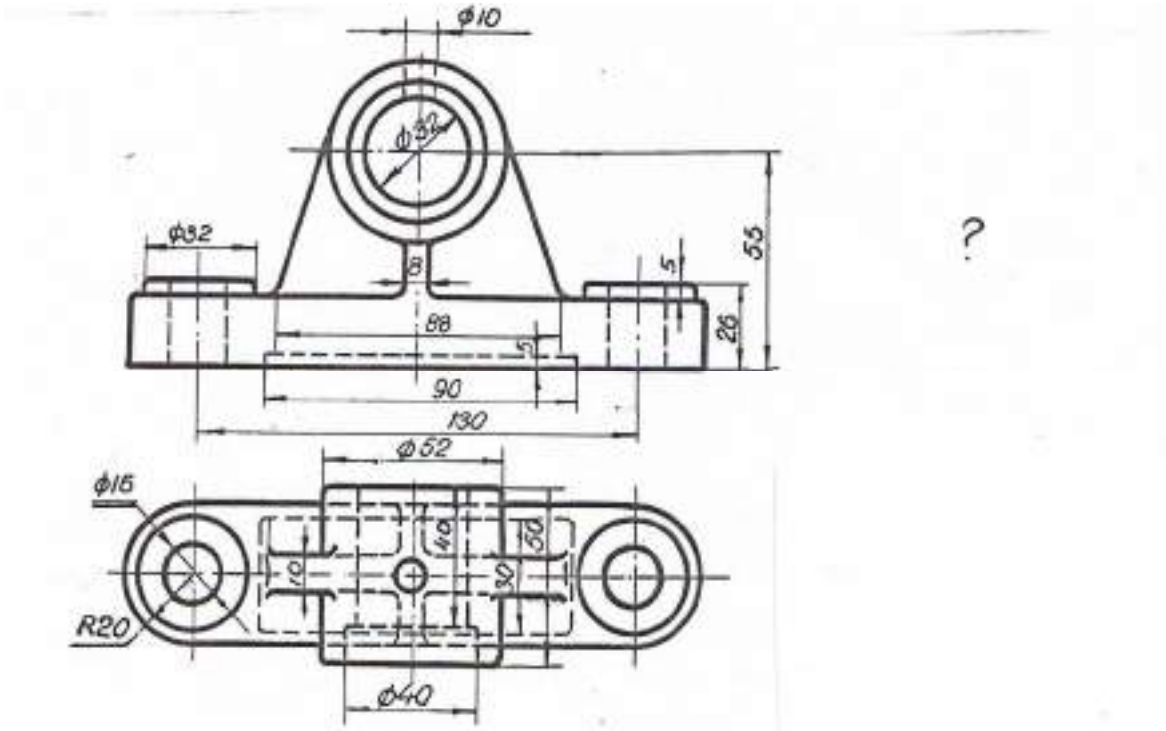
Вариант 9. Вычертить подпятник в масштабе 1:1 и достроить вид спереди.
Сделать половину фронтального и половину профильного разрезов.



Вариант 10. Вычертить шарнир в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.



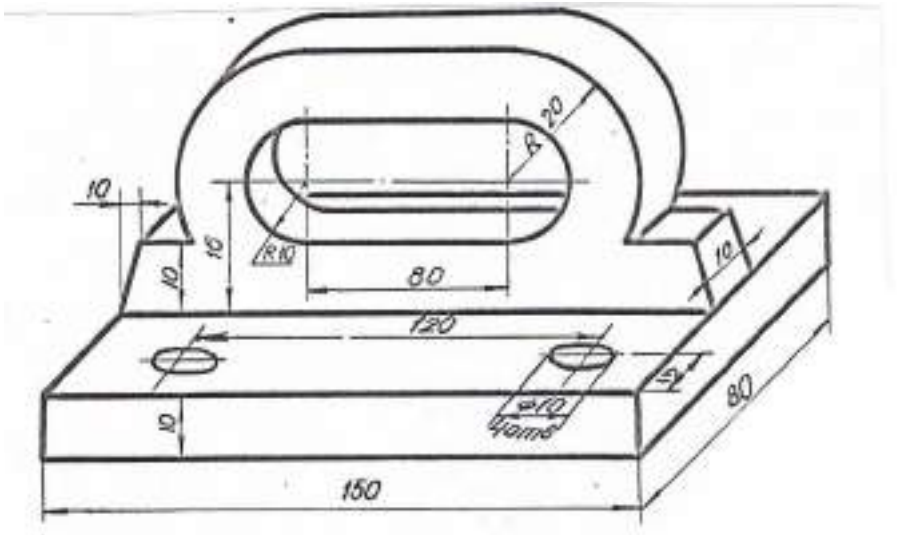
Вариант 11. Вычертить подставку в масштабе 1:1 и достроить вид сверху.
Сделать половину фронтального разреза и местный профильный.



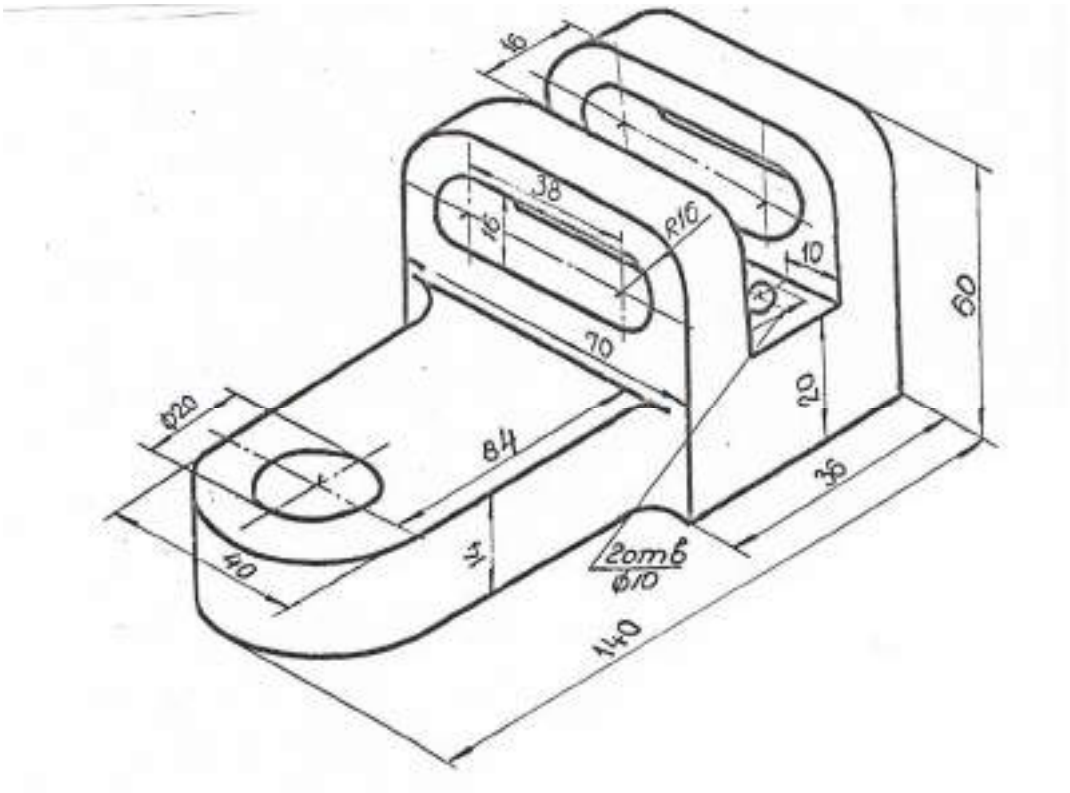
Вариант 12. Вычертить подшипник в масштабе 1:1 и достроить вид слева.
Сделать профильный разрез и местный разрез на виде спереди.

Приложение 4

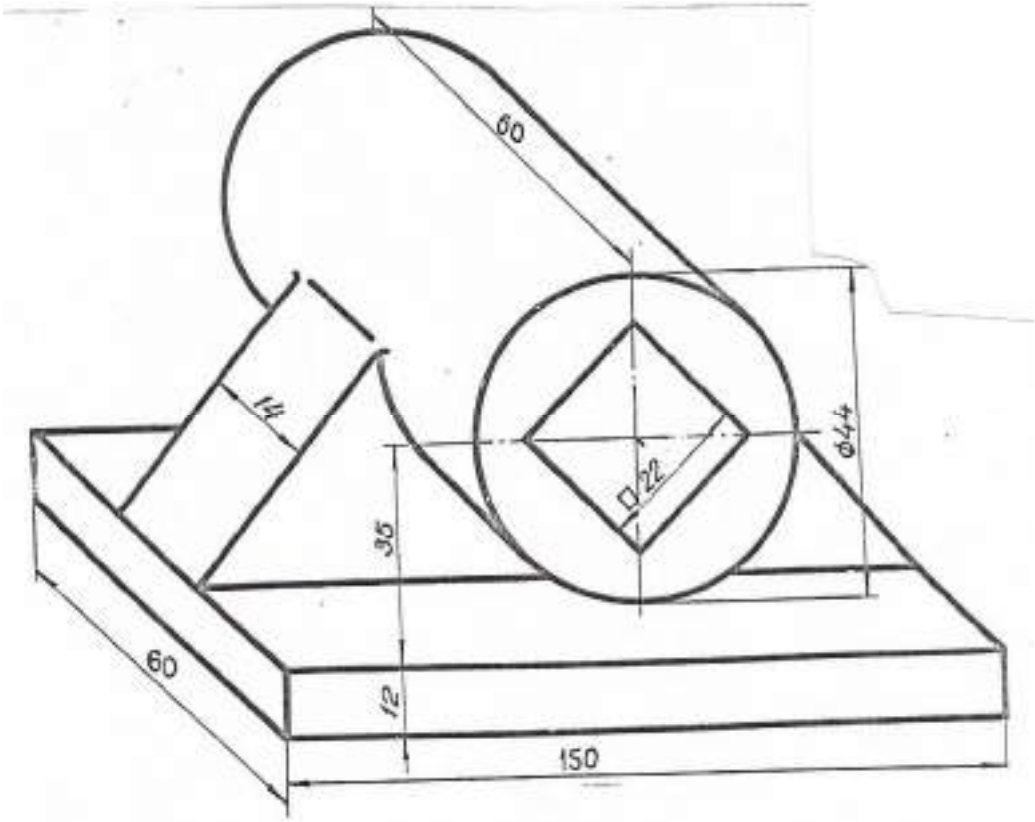
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3



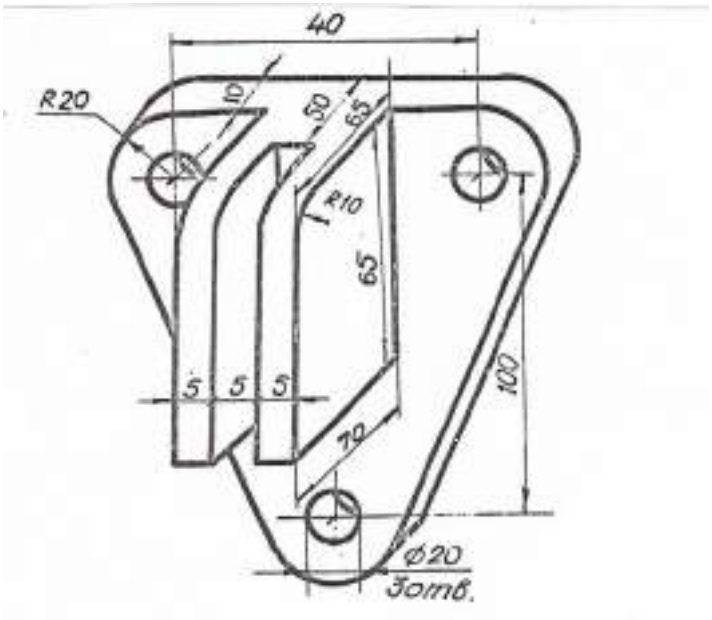
Вариант 1. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать ступенчатый профильный разрез.



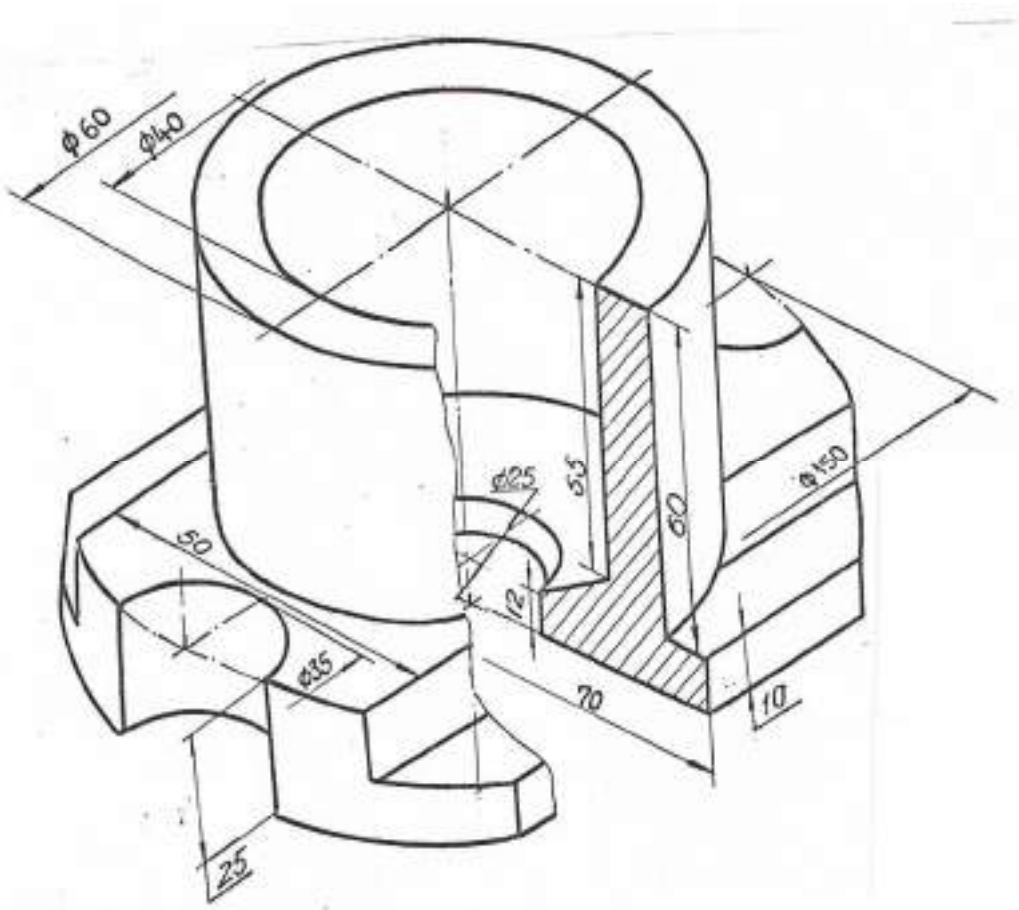
Вариант 2. Вычертить в трех ортогональных проекциях скобу в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



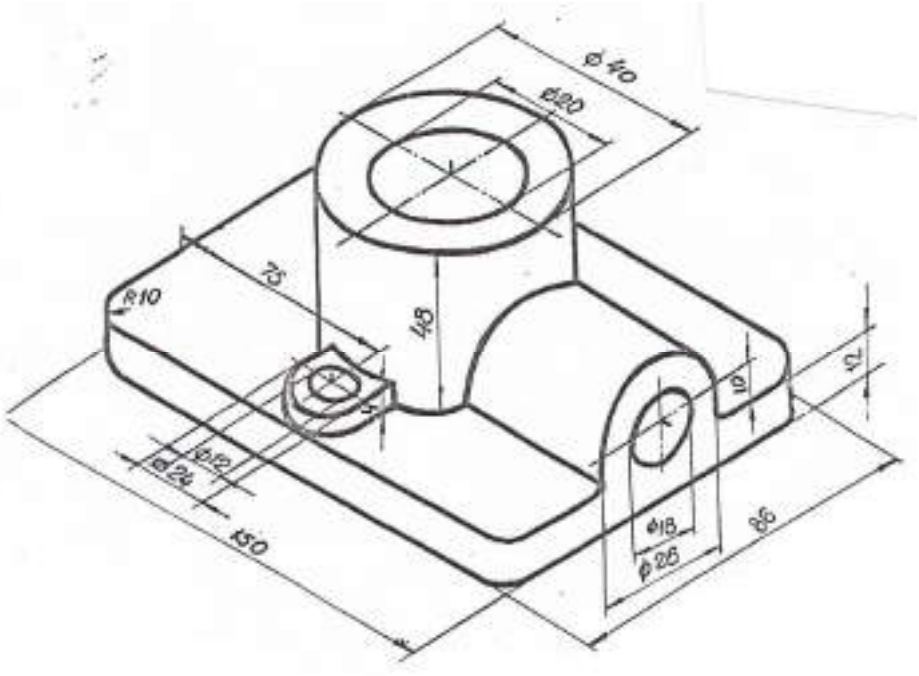
Вариант 3. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1. Сделать необходимый разрез.



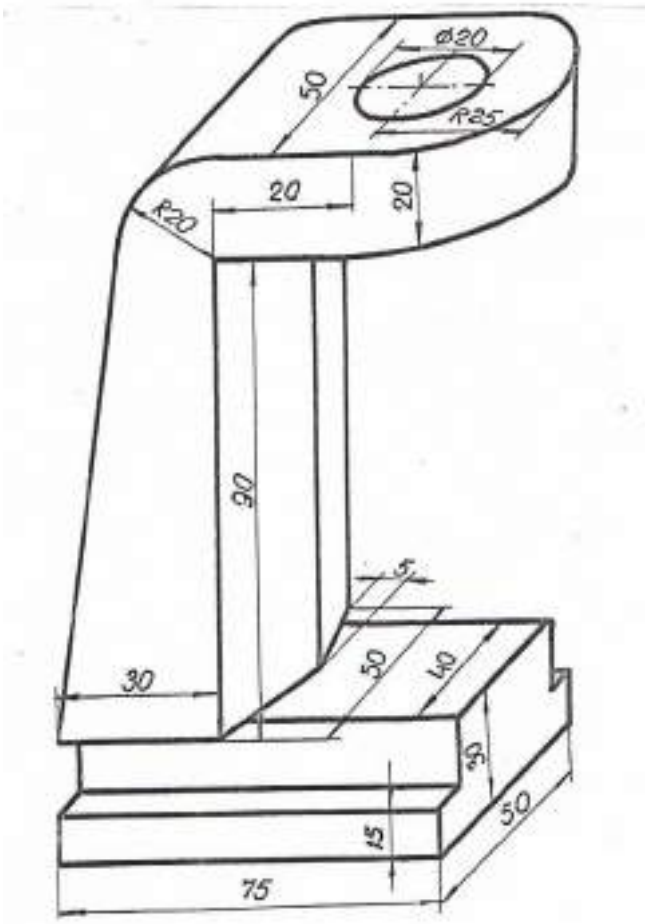
Вариант 4. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1. Сделать местные разрезы и горизонтальный разрез.



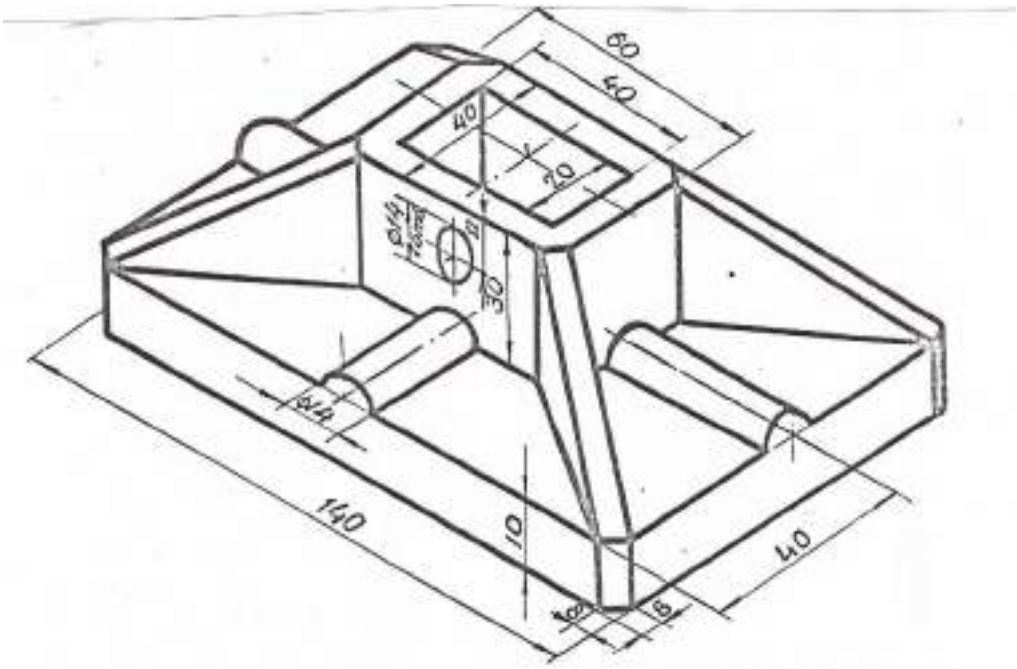
Вариант 5. Вычертить в трех ортогональных проекциях стакан в масштабе 1:1.
Сделать половину фронтального разреза.



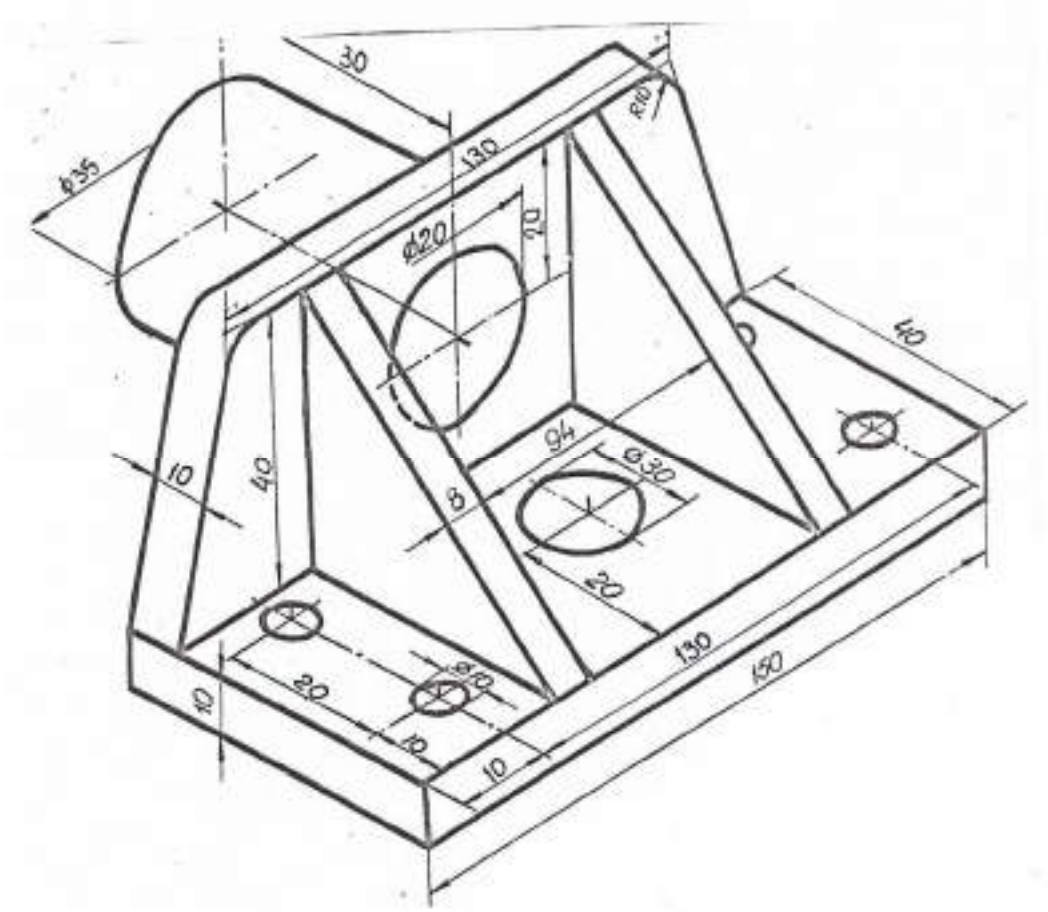
Вариант 6. Вычертить в трех ортогональных проекциях подставку в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.
Примечание. Отверстия ∅20, ∅18 и ∅12 – сквозные.



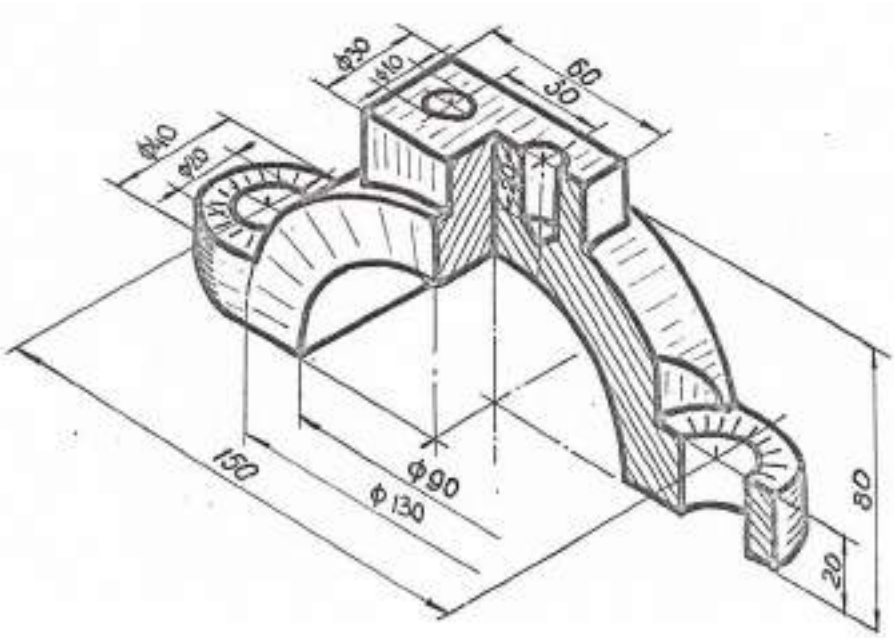
Вариант 7. Вычертить в трех ортогональных проекциях опору в масштабе 1:1.
Сделать необходимый местный разрез и горизонтальный до оси симметрии.



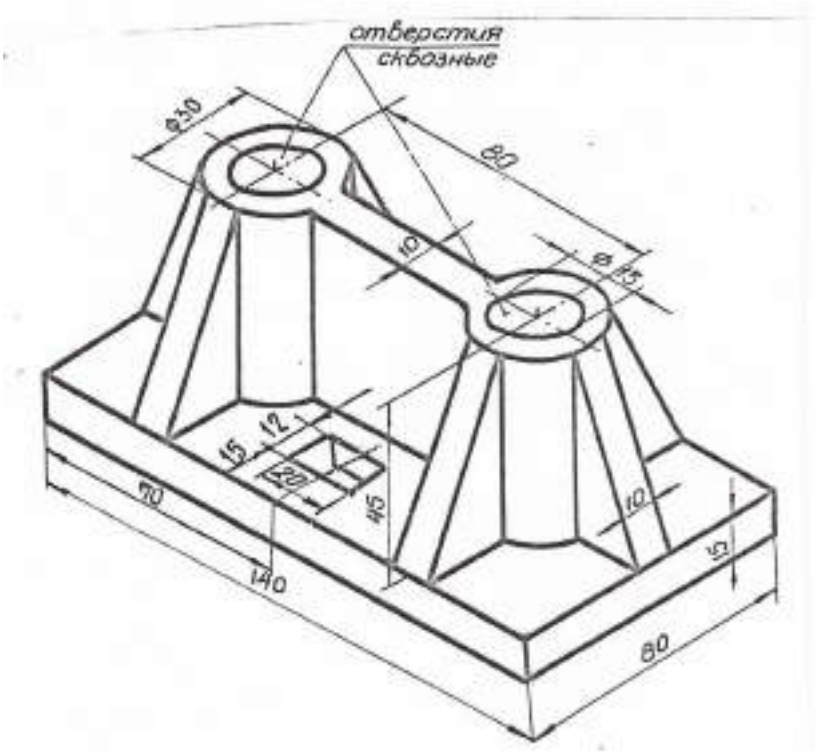
Вариант 8. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1.
Сделать необходимые разрезы.



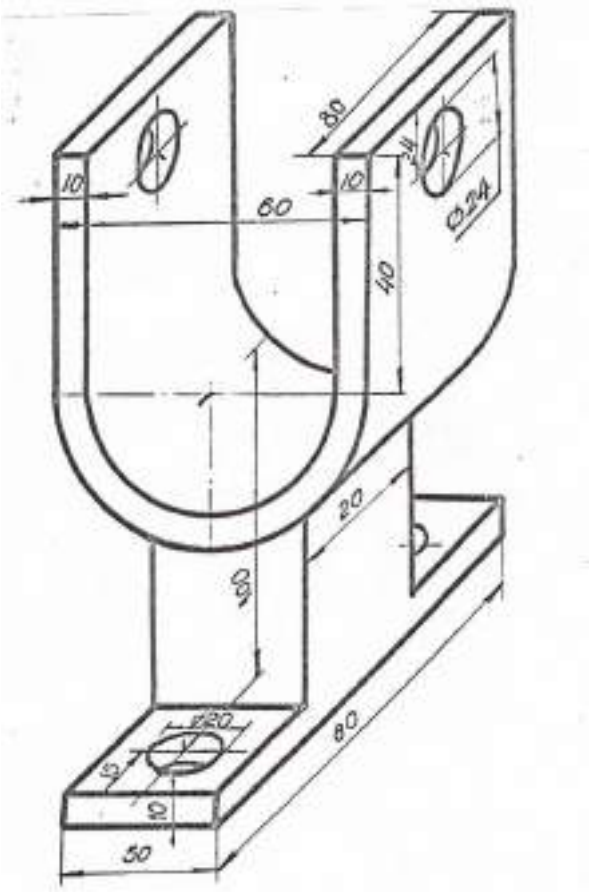
Вариант 9. Вычертить в трех ортогональных проекциях цапфу полую в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



Вариант 10. Вычертить в трех ортогональных проекциях крышку шатуна в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



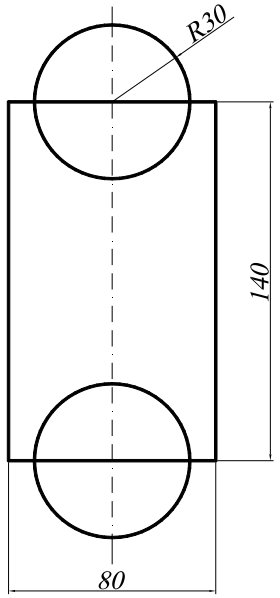
Вариант 11. Вычертить в трех ортогональных проекциях плиту в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.



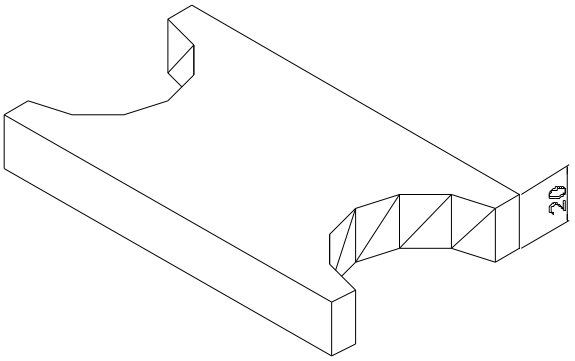
Вариант 12. Вычертить в трех ортогональных проекциях стойку в масштабе 1:1. Сделать необходимые разрезы.

Приложение 5

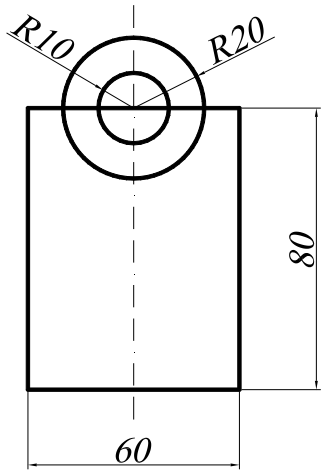
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ



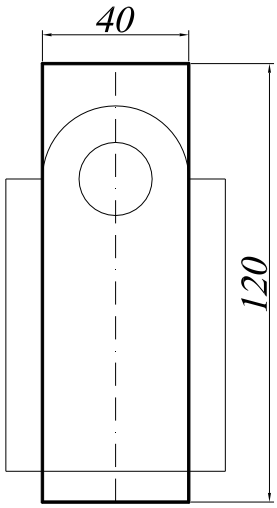
1. Создание области для основания командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



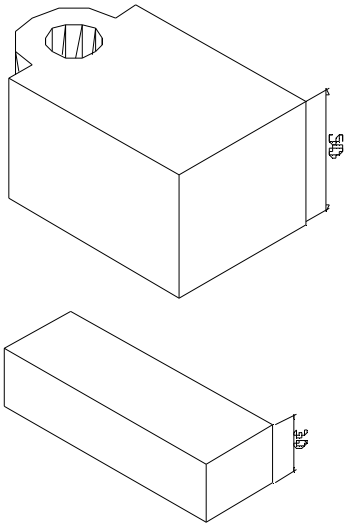
2. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» обе окружности и прямоугольник. Толщина выдавливания 20.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело путем вычитания цилиндров из параллелепипеда.
Командой ***Hide*** (Скрыть) подавляем невидимые линии.



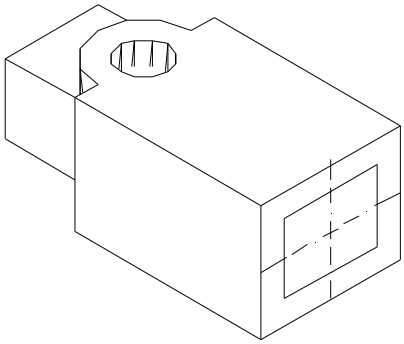
3. Создание области для «башни» командами ***Polyline*** (Полилиния) и ***Circle*** (Окружность).



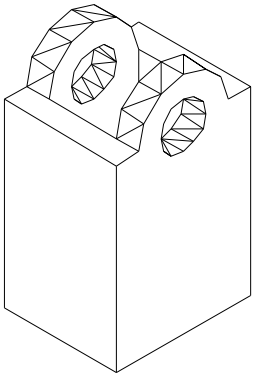
4. Создание области для выреза «башни» командой ***Polyline*** (Полилиния).

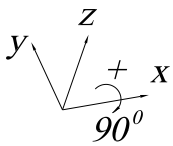


5. Командой ***Extrude*** (Выдавить) «выдавливаем» оба тела. Толщина выдавливания «башни»=50, толщина выдавливания «бруска»=30.
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем тело «башни» путем вычитания цилиндра из построенного тела

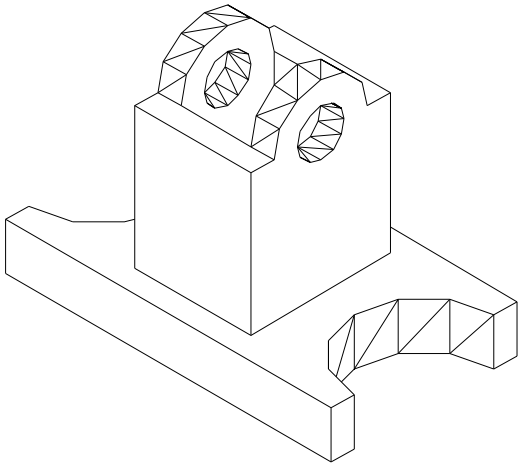


6. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «брусок» и центрируем относительно основания «башни».
Командой ***Subtract*** (Вычитание) создаем сквозное отверстие в теле «башни» путем вычитания поверхности «бруска» из тела «башни».





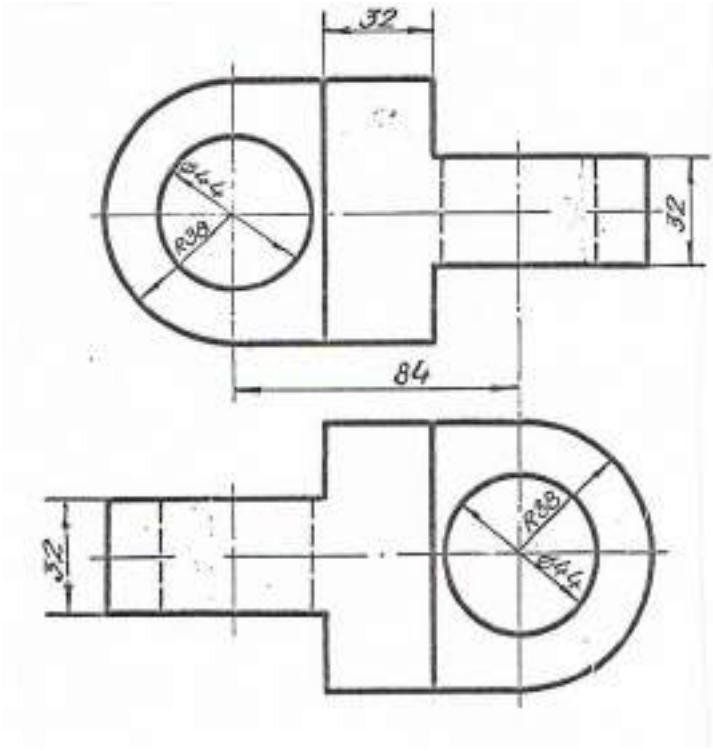
7. Поворачиваем башню относительно оси x на 90^0 (по правилу правой руки), используя команду ***Rotated 3D***, которая вызывается из падающего меню ***Modify*** (Редакировать)→ ***3D Operation*** (3М Операции) → ***Rotated 3D*** (3М Поворот).



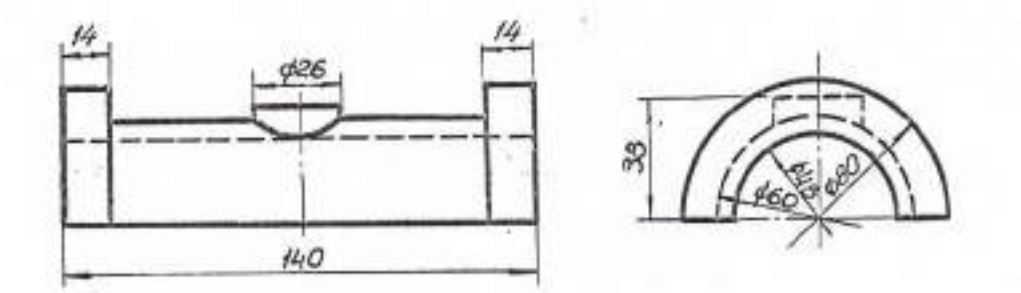
8. Командой ***Move*** (Перемещение) перемещаем «башню» и центрируем относительно построенного основания.
Командой ***Union*** (объединение) объединяем полученные тела.

Приложение 6

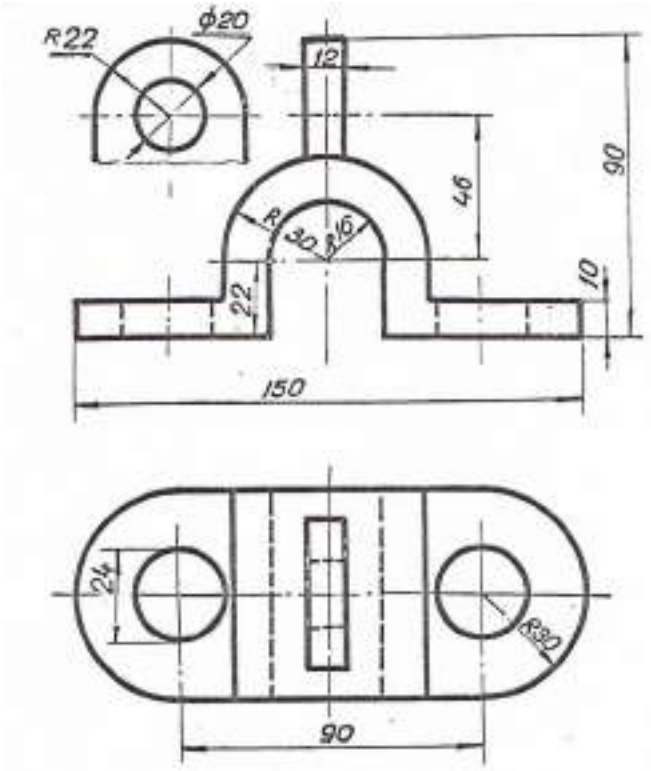
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 4



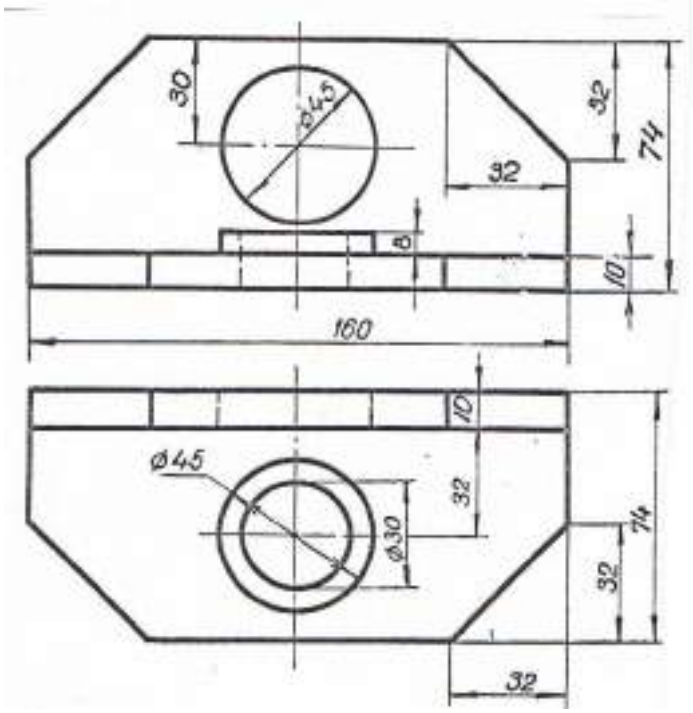
Вариант 1. Вычертить серьгу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



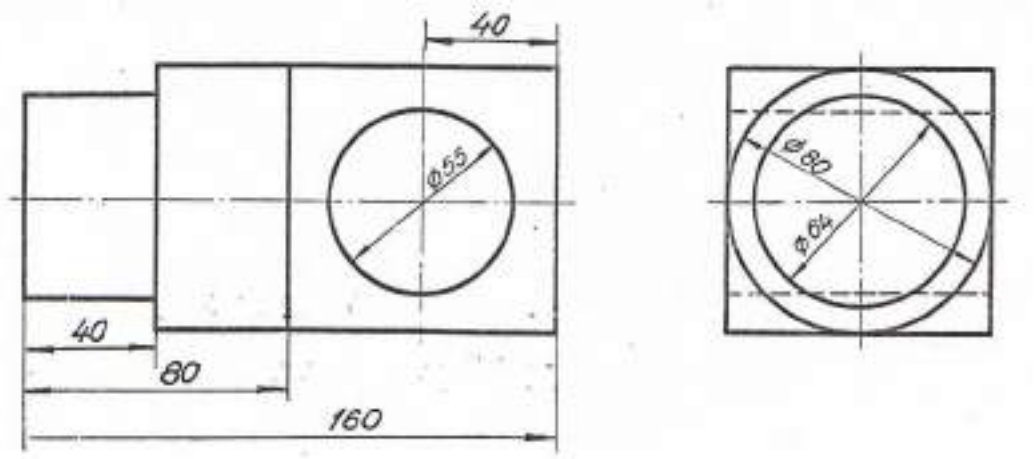
Вариант 2. Вычертить вкладыш подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



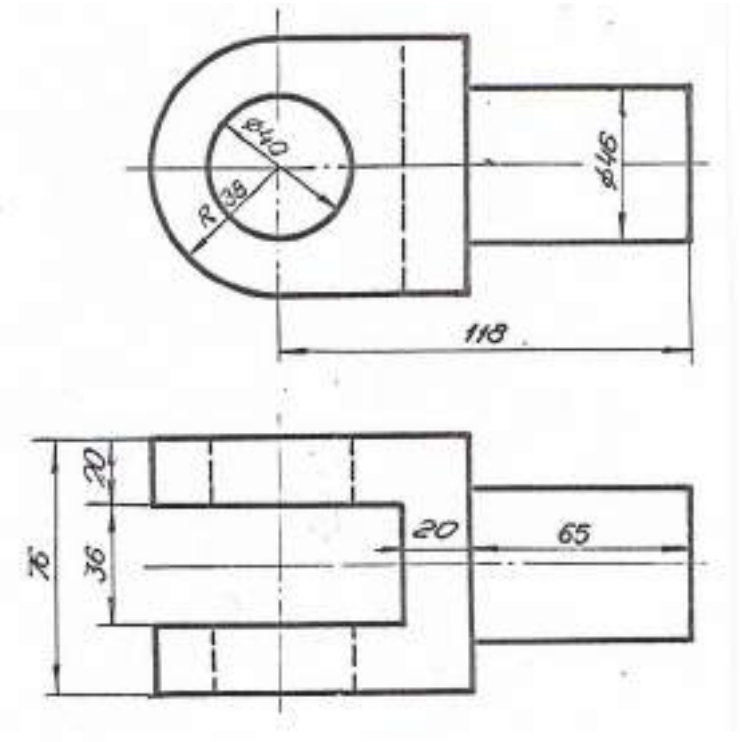
Вариант 3. Вычертить скобу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



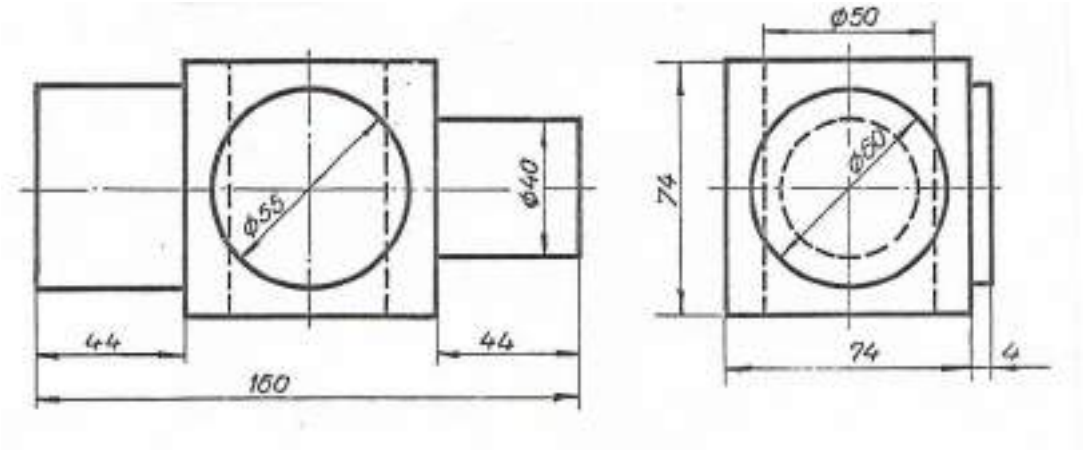
Вариант 4. Вычертить угольник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



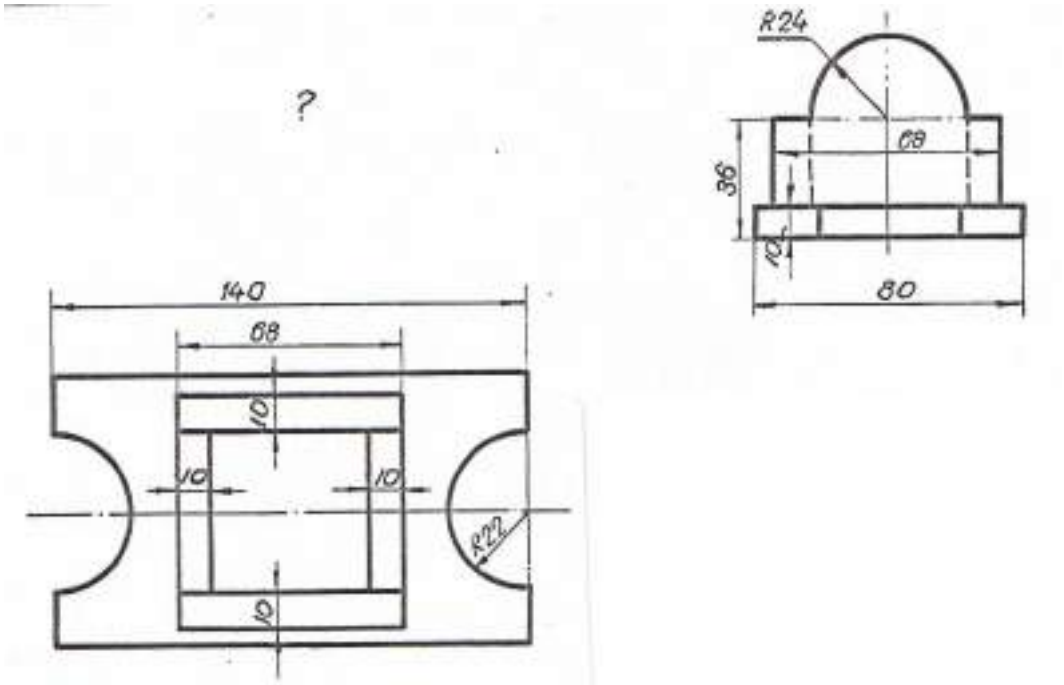
Вариант 5. Вычертить цапфу в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



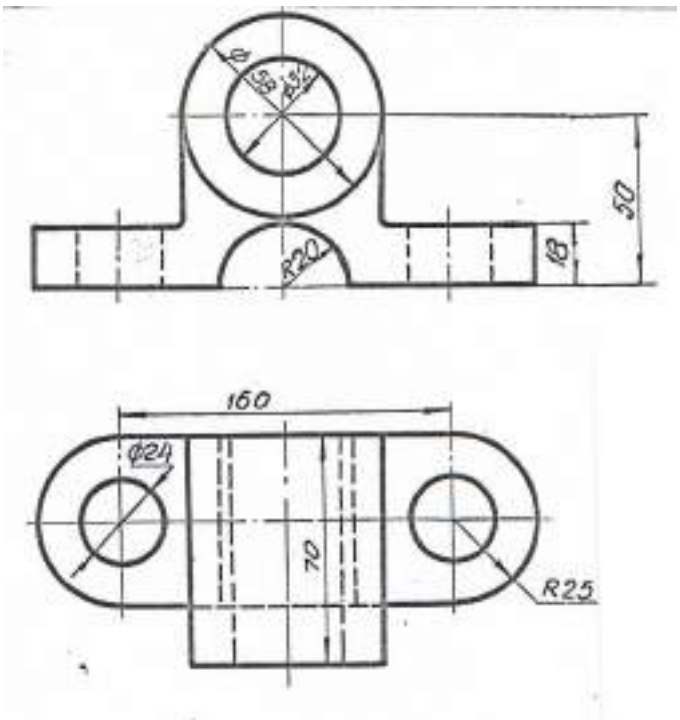
Вариант 6. Вычертить ушко в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



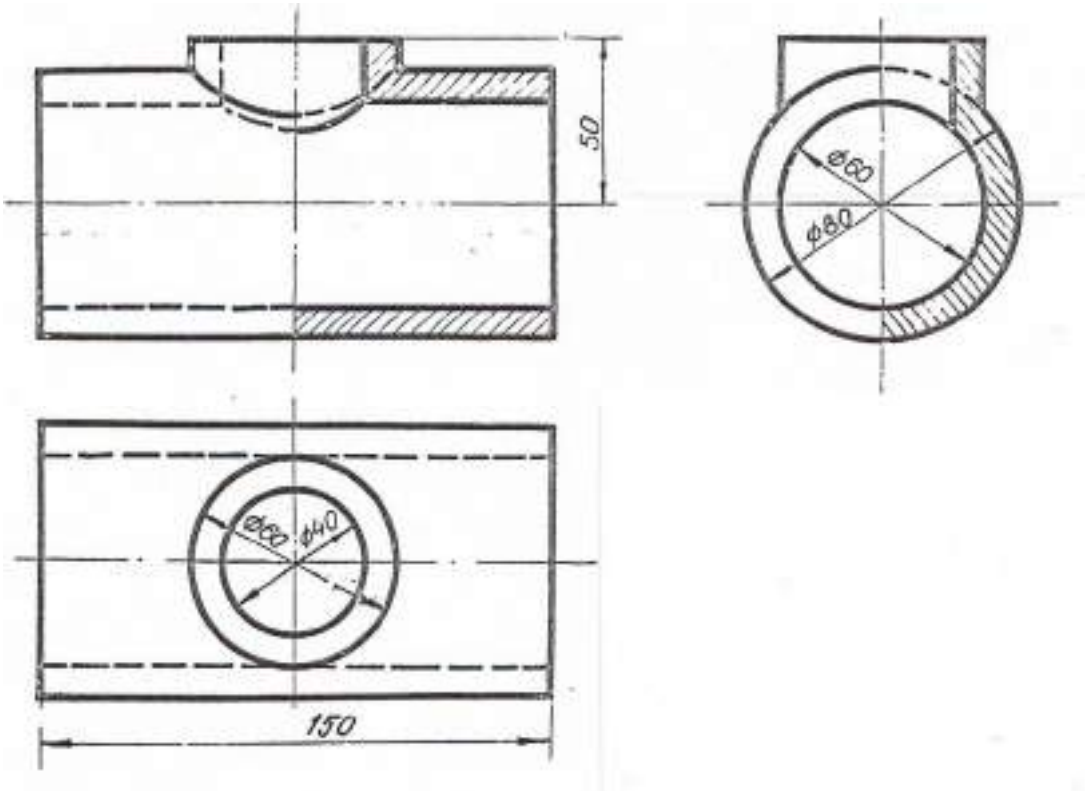
Вариант 7. Вычертить ось в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



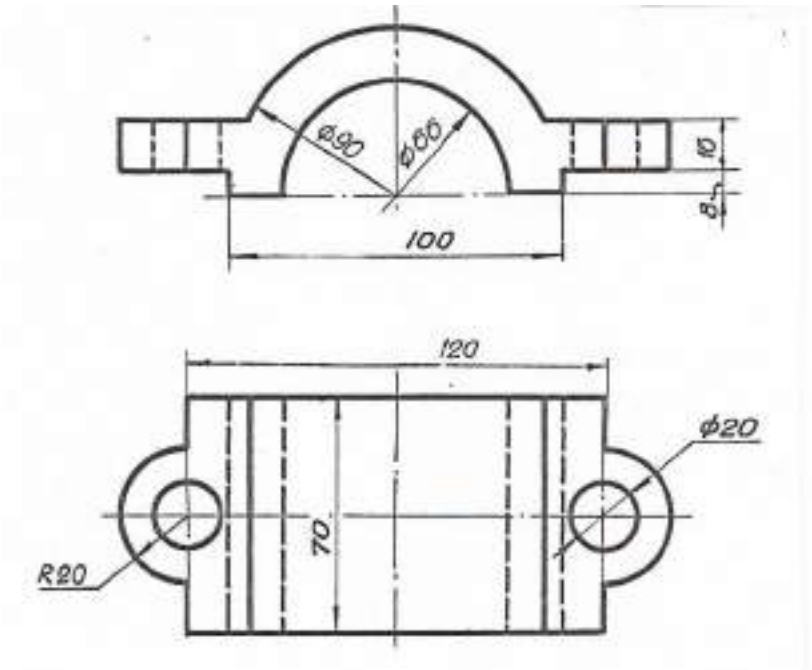
Вариант 8. Вычертить подставку в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



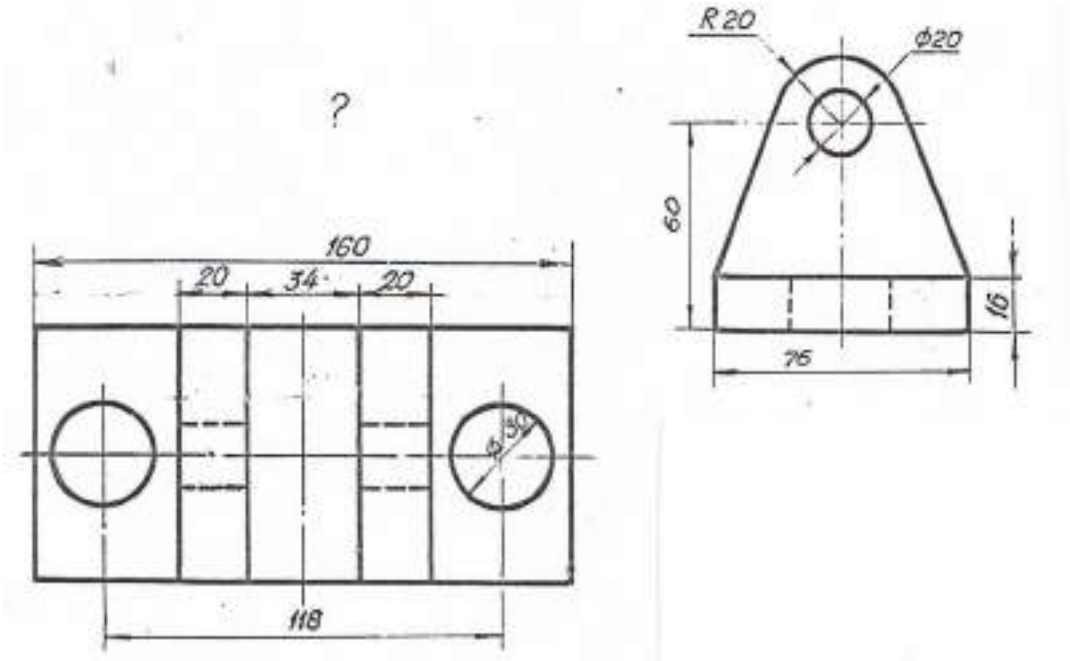
Вариант 9. Вычертить подшипник в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 10. Вычертить тройник в изометрии по заданным трем видам в масштабе 1:1.



Вариант 11. Вычертить крышку подшипника в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.



Вариант 12. Вычертить опору в изометрии по заданным двум видам в масштабе 1:1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……... 3

Глава 1. **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МНОЖЕСТВА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ**……. 5

1. Множества…….. 5

1.1. Основные понятия теории множеств……..… 5

1.2. Отображения и преобразования…… 7

1.3. Теоретико-множественный подход к задачам на построение…… 10

1.4. Геометрические пространства и их размерность…… 11

1.5. Формирование пространства…… 13

1.6. Приёмы подсчёта параметров…… 14

1.7. Параметрический подход к решению задач начертательной геометрии…… 21

2. Системы координат…… 22

2.1. Прямоугольные декартовы координаты…… 22

2.2. Полярные координаты точки на плоскости……. 23

2.3. Цилиндрические координаты…… 23

2.4.Сферические координаты…… 24

Вопросы для самопроверки…….. 24

Глава 2. **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**…… 25

1. Запуск системы *AutoCAD*…… 25

2. Вид рабочего окна *AutoCAD*……. 26

3. Падающее меню……. 26

4. Строка состояния…… 27

5. Ввод команд…… 28

6. Панели инструментов……. 28

7. Стандартная панель инструментов *(Standard Toolbar)*…….. 28
8. Панель инструментов Object Properties *(Свойства объекта)*…. 30
9. Графические примитивы…….…….. 32
10. Ввод координат точки…….…… 33
11. Панель инструментов *Draw* (Рисовать)…… 34
12. Построение геометрических примитивов…….. 34
12.1. Точка……. 35
12.2. Построение линий…… 35
12.2.1. Отрезок……. 35
12.2.2. Прямая и луч…… 37
12.2.3. Полилиния……. 38
12.2.4. Сплайн……... 41
12.3. Построение многоугольников…… 42
12.3.1. Многоугольник…… 42
12.3.2. Прямоугольник……. 43
12.4. Построение окружностей, эллипсов и их дуг…… 45
12.4.1. Окружность…… 45
12.4.2. Эллипс…… 49
12.4.3. Дуга окружности…… 50
13. Текстовые стили…… 52
13.1. Однострочный текст…… 53
13.2. Многострочный текст……. 57
14. Блок…… 58
14.1. Создание блоков……... 58
14.2. Вставка блока…… 59
15. Создание замкнутых объектов…….. 61
16. Штриховка……. 62
17. Панель инструментов *Object Snap* (Объектная привязка)…… 65
18. Панель инструментов *Modify* (Изменить или редактировать) 67
18.1. Удаление и восстановление объектов……. 68
18.2. Копирование объектов……. 69
18.3. Зеркальное отображение объектов…….. 70
18.4. Построение подобных примитивов……. 71
18.5. Размножение объектов массивом…….. 72

18.6. Перемещение объектов…… 76
18.7. Поворот объектов…… 77
18.8. Масштабирование объектов…… 78
18.9. Растягивание объектов……. 79
18.10. Подрезание объектов……. 80
18.11. Удлинение объектов…… 81
18.12. Разбиение объектов на части……. 82
18.13. Вычерчивание фасок…… 83
18.14. Построение сопряжений углов…….. 84
19. Редактирование с помощью маркеров *Grips* («Ручки»)…….. 86
20. Диспетчер свойств объектов……. 89
21. Панель инструментов *Dimension* (Измерение)…… 89
21.1. Линейные размеры…… 90
21.2. Параллельные размеры…… 92
21.3. Базовые размеры…….. 92
21.4. Размерная цепь……. 93
21.5. Радиальные размеры…… 94
21.6. Угловые размеры…… 94
21.7. Координатные размеры……. 95
21.8. Выноски и пояснительные надписи на чертеже…… 95
21.9. Быстрое нанесение размеров…….. 96
21.10. Нанесение меток центра окружности или дуги…….. 97
21.11. Редактирование размерных стилей…… 98
22. Зумирование…….. 101
23. Панорамирование……. 102
Вопросы для самопроверки…….. 102

Глава 3. **ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**……. 103

1. Общие сведения…….. 103
2. Задание трехмерных координат…….. 103
3. Задание пользовательской системы координат……. 104
4. Пространство модели и пространство листа……. 107
5. Видовые экраны…… 108

5.1. Создание неперекрывающихся видовых экранов……. 108
6. Установка видов на графическом поле……. 109
6.1. Установка направления взгляда…… 109
6.2. Задание направления взгляда с помощью диалогового окна 111
6.3. Установка плана изображения……... 112
6.4. Установка ортогональных и аксонометрических видов…… 113
6.5. Интерактивное управление точкой взгляда…… 113
6.6. Динамическое вращение трехмерной модели…… 114
7. Моделирование каркасов…… 114
7.1. Трехмерная полилиния…….. 115
7.2. Средства редактирования трехмерной полилинии……. 115
8. Твердотельное моделирование……. 116
9. Стандартные тела…… 117
9.1. Параллелепипед……. 117
9.2. Клин…… 118
9.3. Сфера…… 118
9.4. Конус…….. 119
9.5. Цилиндр……. 120
9.6. Тор…….. 121
10. Тела пользователя……. 122
10.1. Выдавленное тело…… 122
10.2. Тело вращения…… 124
11. Тела, созданные комбинированием нескольких тел……. 125
11.1. Объединение объектов…… 126
11.2. Вычитание объектов…….. 126
11.3. Пересечение объектов…….. 127
12. Общие средства редактирования трехмерных объектов…….. 128
12.1. Поворот вокруг оси……. 128
12.2. Зеркальное отображение относительно плоскости (плоскостная симметрия)……. 129
12.3. Размножение трехмерным массивом…….. 130
12.4. Вычерчивание фасок трехмерных тел…… 131
12.5. Построение сопряжений граней…….. 133
12.6. Построение сечений……. 134

12.7. Построение разрезов…… 134
13. Редактирование граней, ребер тел…… 135
13.1. Режим редактирования граней твердотельного объекта…. 136
13.2. Режим редактирования ребер твердотельного объекта……. 140
13.3. Режим редактирования общих свойств
твердотельного объекта……. 141
14. Пример построения трехмерной модели……. 142
15. Перекрывающиеся видовые экраны. Создание ортогональных проекций……... 144
16. Визуализация трехмерных моделей…… 147
16.1. Удаление невидимых линий…… 148
16.2. Раскрашивание трехмерной модели…….. 148
16.3. Тонирование изображений трехмерных объектов…….. 149
16.4. Включение фона в изображение сцены……. 150
16.5. Настройка освещения……. 151
16.6. Тени…… 152
16.7. Работа с материалами…….. 153
Вопросы для самопроверки…….. 154
Заключение…… 155
Список литературы……. 156
Приложения……. 157
Приложение 1. Пример выполнения рабочего чертежа детали…….. 157
Приложение 2. Задание для выполнения графической работы № 1…….. 158
Приложение 3. Задание для выполнения графической работы № 2…….. 164
Приложение 4. Задание для выполнения графической работы № 3…….. 170
Приложение 5. Пример построения твердотельной модели…… 176
Приложение 6. Задание для выполнения графической работы № 4…….. 178

Учебное издание

Шангина Елена Игоревна

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка и графика автора

Подписано в печать 01.02.06. Формат 60x84-1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 23,75. Уч.-изд. л. 11,25. Тираж 200 экз. Заказ № .

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ГОСТ 2.301-68 — ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.304—81, ГОСТ 2.305-68 — ГОСТ 2.307—68, ГОСТ 2.308—79, ГОСТ 2.309—73, ГОСТ 2.310—68, ГОСТ 2.311—68, ГОСТ 2.312—72, ГОСТ 2.313—82, ГОСТ 2.314-68 — ГОСТ 2.316-68, ГОСТ 2.317—69, ГОСТ 2.318—81, ГОСТ 2.320—82, ГОСТ 2.321—84

Издание официальное

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ГОСТ 2.301-68 — ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.304—81,
ГОСТ 2.305-68 — ГОСТ 2.307—68, ГОСТ 2.308—79,
ГОСТ 2.309—73, ГОСТ 2.310—68, ГОСТ 2.311—68,
ГОСТ 2.312—72, ГОСТ 2.313—82, ГОСТ 2.314-68 — ГОСТ 2.316-68,
ГОСТ 2.317—69, ГОСТ 2.318—81, ГОСТ 2.320—82, ГОСТ 2.321—84

Издание официальное

Москва
2001

© ИПК Издательство стандартов, 2001

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ФОРМАТЫ

Unified system for design documentation.
Formats

ГОСТ 2.301—68*
Взамен
ГОСТ 3450—60

Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.

Срок введения установлен **с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает форматы листов чертежей и других документов, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1181—78, СТ СЭВ 6306—88.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

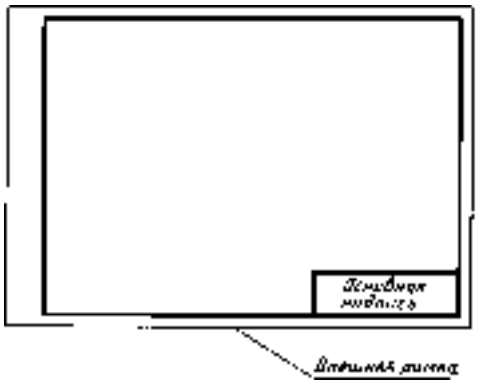
2. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (черт. 1).

3. Формат с размерами сторон 1189 × 841 мм, площадь которого равна 1 м^2, и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

4. Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1

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



Черт. 1

При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148 × 210 мм.

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

Размеры производных форматов, как правило, следует выбирать по табл. 2.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в декабре 1980 г., марте 1989 г. (ИУС 3—81, 7—89)*

Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности согласно табл. 2, например, А0 × 2, А4 × 8 и т. д.

Таблица 2

мм

Кратность	Формат				
	А0	А1	А2	А3	А4
2	1189 × 1682	—	—	—	—
3	1189 × 2523	841 × 1783	594 × 1261	420 × 891	297 × 630
4	—	841 × 2378	594 × 1682	420 × 1189	297 × 841
5	—	—	594 × 2102	420 × 1486	297 × 1051
6	—	—	—	420 × 1783	297 × 1261
7	—	—	—	420 × 2080	297 × 1471
8	—	—	—	—	297 × 1682
9	—	—	—	—	297 × 1892

6. Предельные отклонения сторон форматов — по табл. 3.

Таблица 3

мм

Размеры сторон форматов	Предельные отклонения
до 150	±1,5
св. 150 до 600	±2,0
св. 600	±3,0

4—6. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

7, 8. **(Исключены, Изм. № 1).**

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

МАСШТАБЫ

Unified system for design documentation.
Scales

ГОСТ 2.302—68*
Взамен
ГОСТ 3451—59

Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.

Срок введения установлен **с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт не распространяется на чертежи, полученные фотографированием, а также на иллюстрации в печатных изданиях и т. п.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

2а. Внастоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

масштаб: Отношене линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре;

масштаб натуральной величины: Масштаб с отношением 1:1;

масштаб увеличения: Масштаб с отношением большим,чем 1:1 (2:1 и т.д.);

масштаб уменьшения: Масштаб с отношением меньшим,чем 1:1 (1:2 и т.д.).

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

2. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда:

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

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

4. Внеобходимых случаях допускается применять масштабы увеличения $(100n):1$,где n — целое число.

5. Масштаб,указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа,должен обозначаться по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т.д.

Изменение № 2 принято Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 17 от 22.06.2000)

За принятие изменения проголосовали:

Наименование государства	Наименование национального органа по стандартизации
Азербайджанская Республика	Азгосстандарт
Республика Беларусь	Госстандарт Республики Беларусь
Кыргызская Республика	Кыргызстандарт
Республика Молдова	Молдовастандарт
Российская Федерация	Госстандарт России
Республика Таджикистан	Таджикгосстандарт
Туркменистан	Главгосинспекция «Туркменстандартлары»
Республика Узбекистан	Узгосстандарт
Украина	Госстандарт Украины

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в феврале 1980 г., декабре 2000 г. (ИУС 4—80, 3—2001)*

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ЛИНИИ

Unified system for design documentation.
Lines

ГОСТ 2.303—68*

Взамен ГОСТ 3456—59

Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г. Срок введения установлен

с 01.01.71

1. Настоящий стандарт устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Специальные назначения линий (изображение резьбы, шлицев, границы зон с различной шероховатостью и т.д.) определены в соответствующих стандартах Единой системы конструкторской документации.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 1178—78, СТ СЭВ 6306—88.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2. Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий должны соответствовать указанным в табл. 1. Примеры применения линий показаны на черт. 1—9.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

3. Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединить штрих-пунктирной тонкой линией.

4. В строительных чертежах в разрезах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, допускается выполнять сплошной тонкой линией (черт. 9).

5. Толщина сплошной основной линии *s* должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

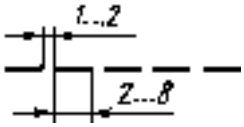
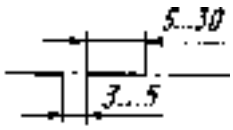
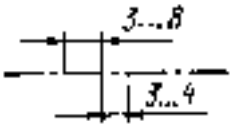
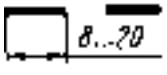
Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

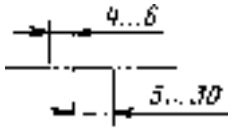
★

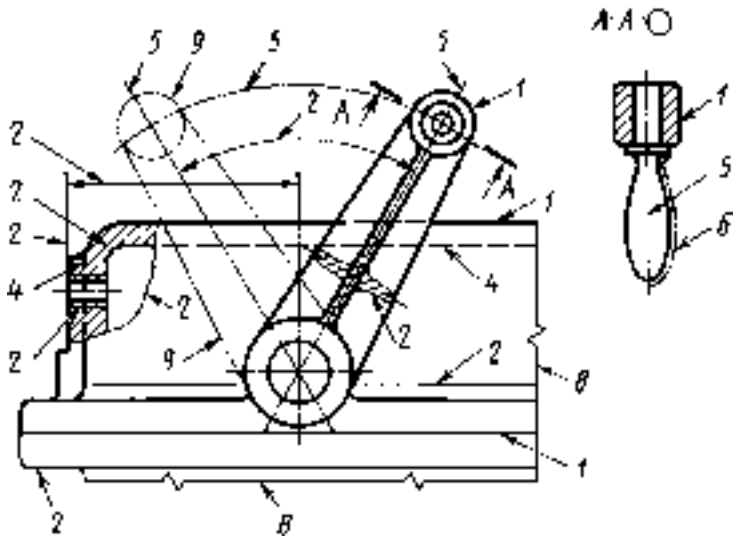
** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в феврале 1980 г., марте 1989 г. (ИУС 4—80, 7—89)*

Таблица 1

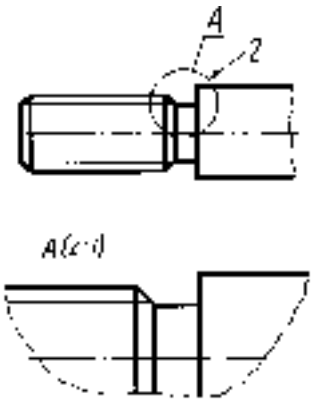
Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		s	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3. Сплошная волнистая			Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая			Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
5. Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{2}{3}s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
7. Разомкнутая		От s до $1\frac{1}{2}s$	Линии сечений

Окончание табл. 1

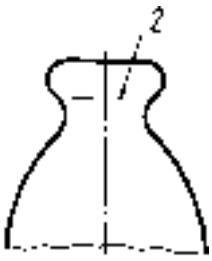
Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом



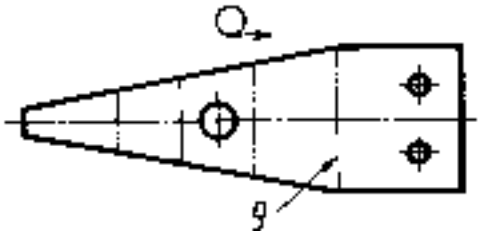
Черт.1



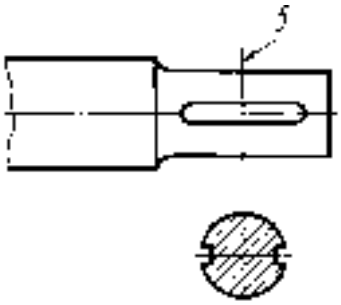
Черт.
2



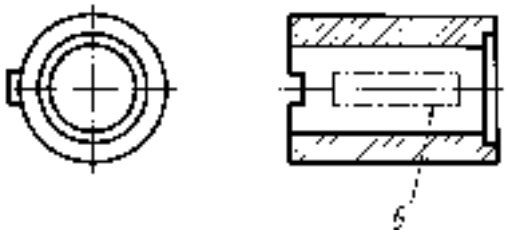
Черт.
3



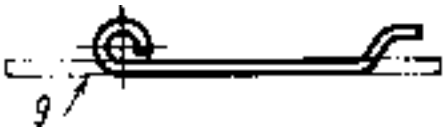
Черт.4



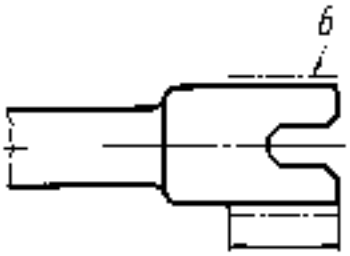
Черт.5



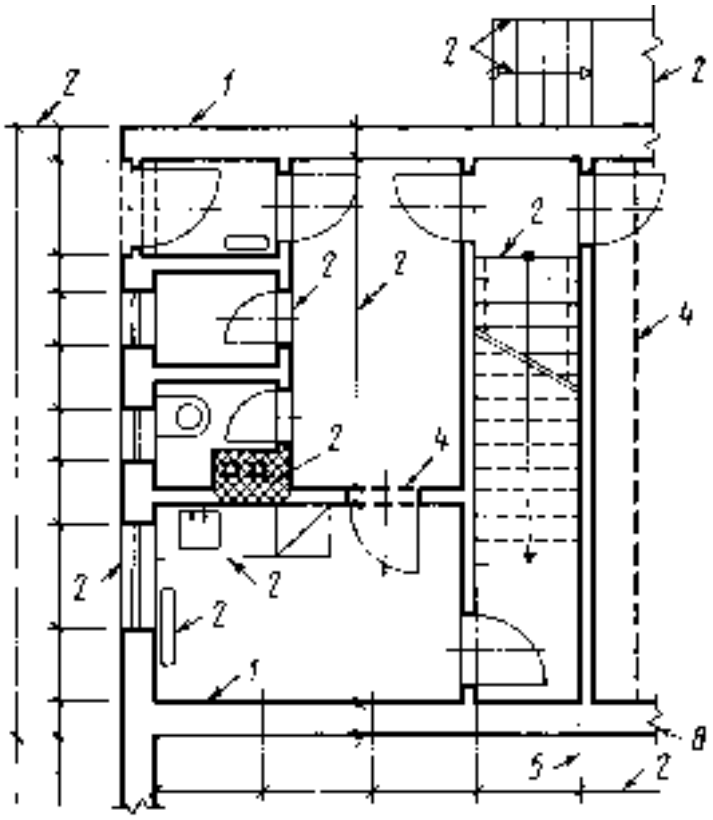
Черт.6



Черт.7



Черт.8



Черт.9

Примечание. Номера позиций на черт. 1—9 соответствуют номерам пунктов табл. 1.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

6. Наименьшая толщина линий и наименьшее расстояние между линиями в зависимости от формата чертежа должна соответствовать указанным в табл. 2.

Таблица 2

Формат чертежа	Наименьшая толщина линий в мм, выполненных		Наименьшее расстояние между линиями в мм, выполненными	
	в туши	в карандаше	в туши	в карандаше
С размером большей стороны 841 мм и более	0,3		0,8	1,0
С размером большей стороны менее 841 мм	0,2	0,3	0,8	

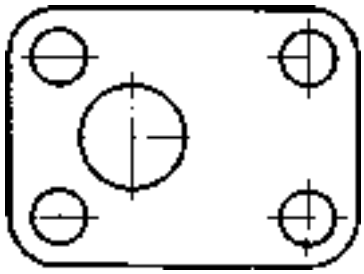
7. Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения.

8. Штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины.

9. Промежутки между штрихами в линии должны быть приблизительно одинаковой длины.

10. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами.

11. Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм (черт. 10).



Черт.10

УДК 003.07:744:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ

ГОСТ 2.304—81

Unified system for design documentation.
Letters for drawings

Дата введения 01.01.82

Настоящий стандарт устанавливает чертежные шрифты, наносимые на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 851-78—СТ СЭВ 855-78, СТ СЭВ 6306—88.

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. **Размер шрифта** *h* — величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах.

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

Высота строчных букв *c* определяется из отношения их высоты (без отростков *k*) к размеру шрифта *h*, например, $c = 7/10h$ (черт. 1 и 2).



Черт.1

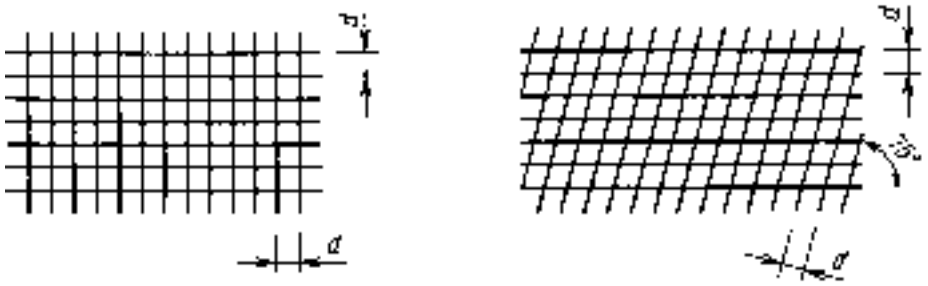


Черт.2

1.3. **Ширина буквы** *g* — наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с черт. 1 и 2, определяется по отношению к размеру шрифта *h*, например, $g = 6/10h$, или по отношению к толщине линии шрифта *d*, например, $g = 6d$.

1.4. **Толщина линии шрифта** *d* — толщина, определяемая в зависимости от типа и высоты шрифта.

1.5. **Вспомогательная сетка** — сетка, образованная вспомогательными линиями, в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта *d* (черт. 3).



Черт.3

2. ТИПЫ И РАЗМЕРЫ ШРИФТА

2.1. Устанавливаются следующие типы шрифта:
тип А без наклона ($d = 1/14\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 1;
тип А с наклоном около 75° ($d = 1/14\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 1;
тип Б без наклона ($d = 1/10\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 2;
тип Б с наклоном около 75° ($d = 1/10\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

Шрифт типа А ($d = h/14$)

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры, мм						
Размер шрифта — высота прописных букв	*h*	$(14/14)\ h$	14 *d*	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
высота строчных букв	*c*	$(10/14)\ h$	10 *d*	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Расстояние между буквами	*a*	$(2/14)\ h$	2 *d*	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	*b*	$(22/14)\ h$	22 *d*	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Минимальное расстояние между словами	*e*	$(6/14)\ h$	6 *d*	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Толщина линий шрифта	*d*	$(1/14)\ h$	*d*	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4

Таблица 2

Шрифт типа Б ($d = h/10$)

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

Примечания:

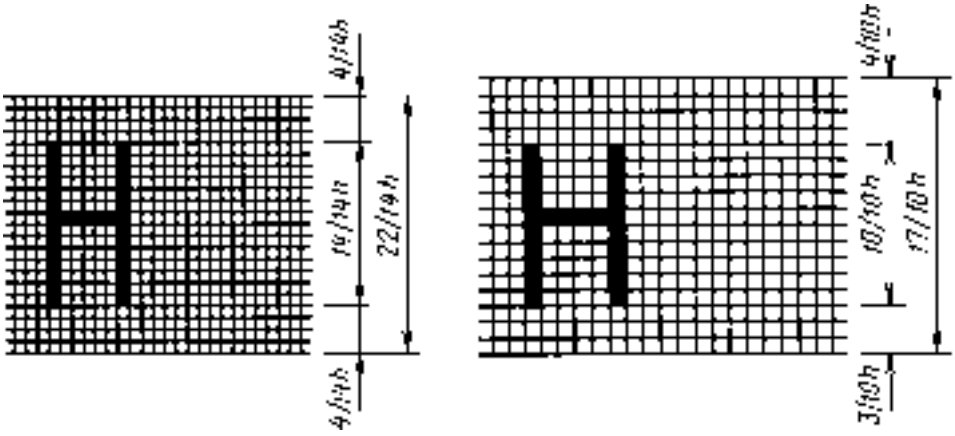
1. Расстояние a между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, *ГА, АТ*), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину d линии шрифта.

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

2.2. Устанавливаются следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Примечание. Применение шрифта размером 1,8 не рекомендуется и допускается только для типа Б.

2.3. Построение шрифта во вспомогательной сетке показано на черт. 4.

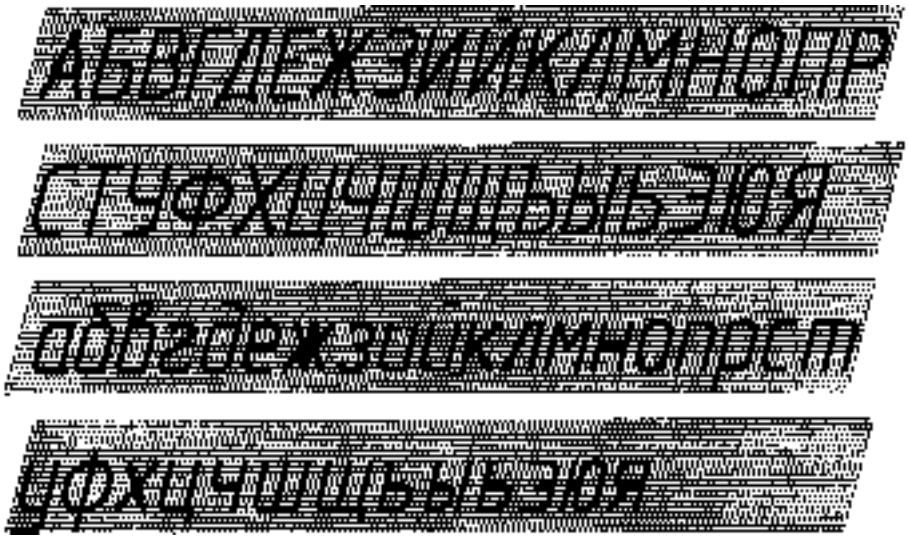


Черт.4

2.4. Предельные отклонения размеров букв и цифр ±0,5 мм.

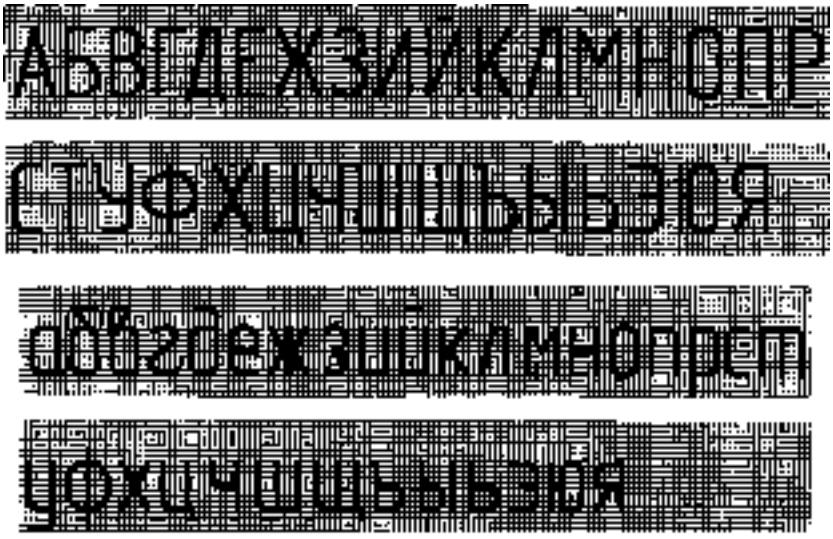
3. РУССКИЙ АЛФАВИТ (КИРИЛЛИЦА)

3.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 5



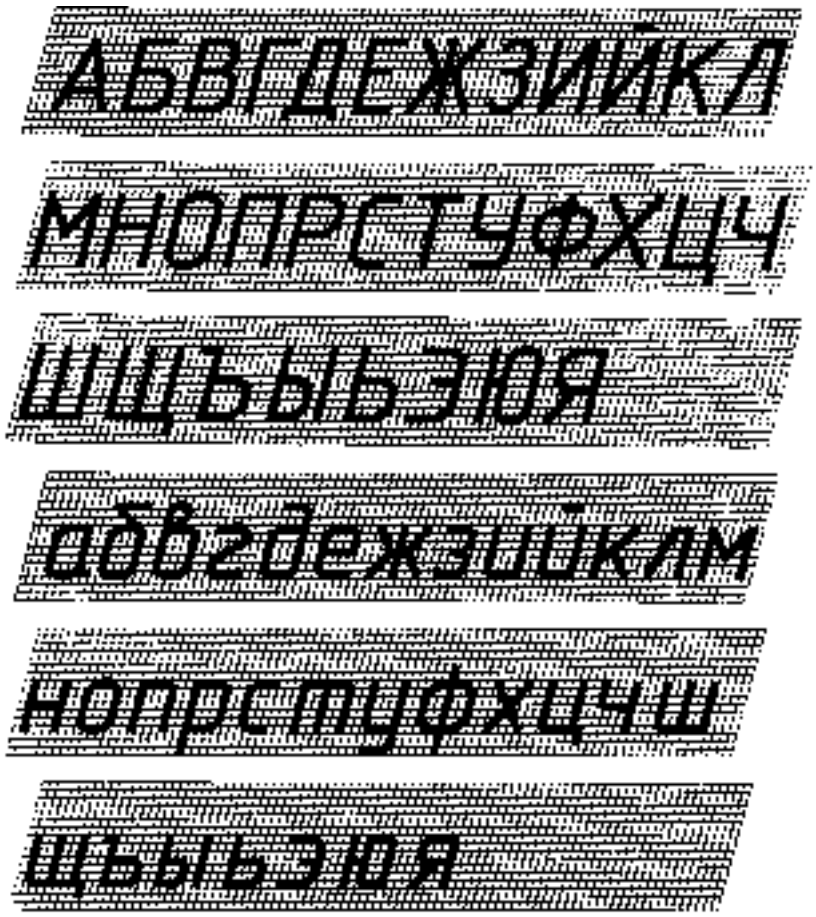
Черт.

3.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 6.



Черт.6

3.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 7.



Черт.7

3.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 8.



Черт.8

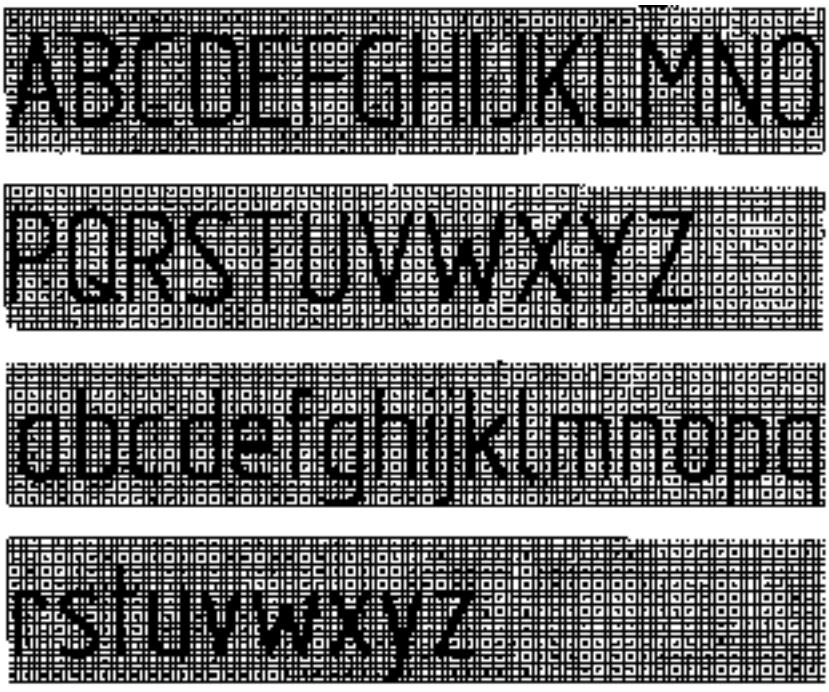
4. ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ

4.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 9.



Черт.9

4.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 10.



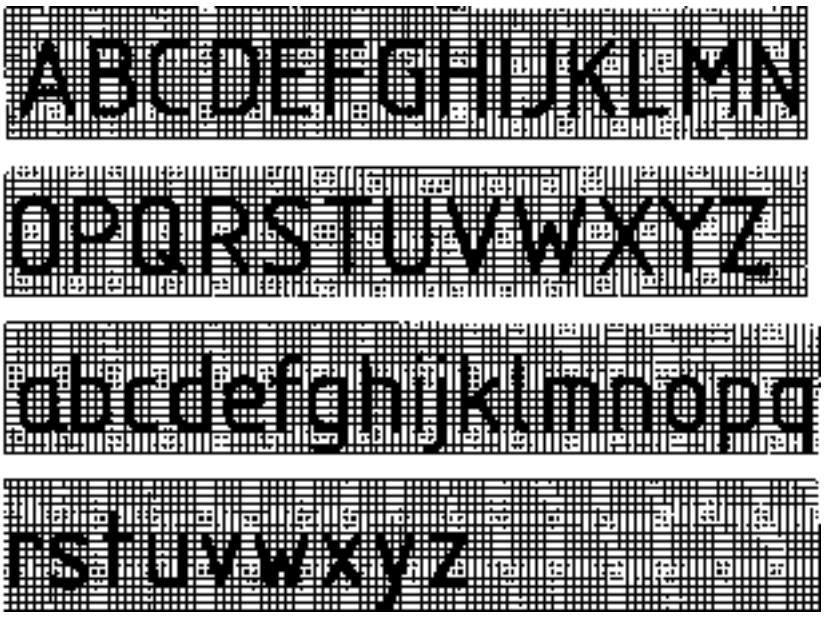
Черт.10

4.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 11.



Черт.11

4.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 12.



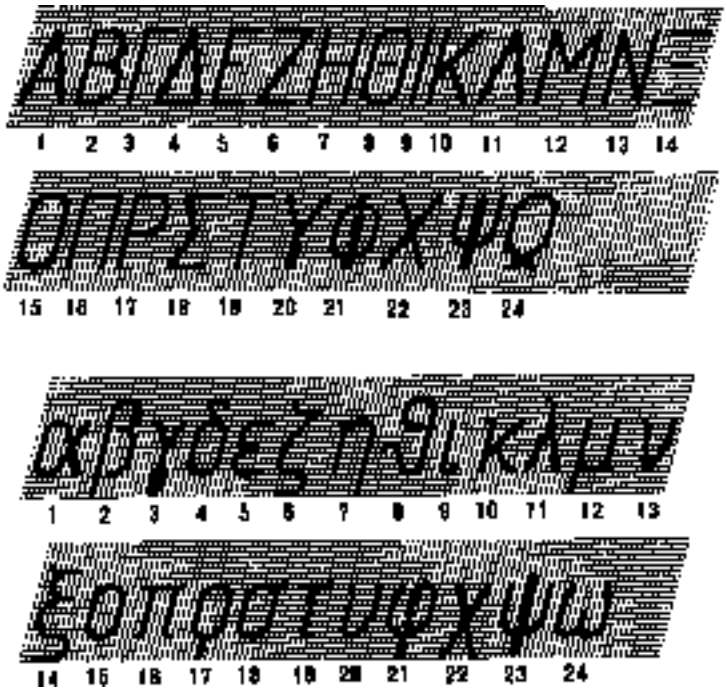
Черт.12

4.5. Виды, форма и расположение диакритических знаков для шрифтов типов А и Б без наклона приведены в справочном приложении.

Диакритические знаки для шрифтов с наклоном следует выполнять по тем же правилам.

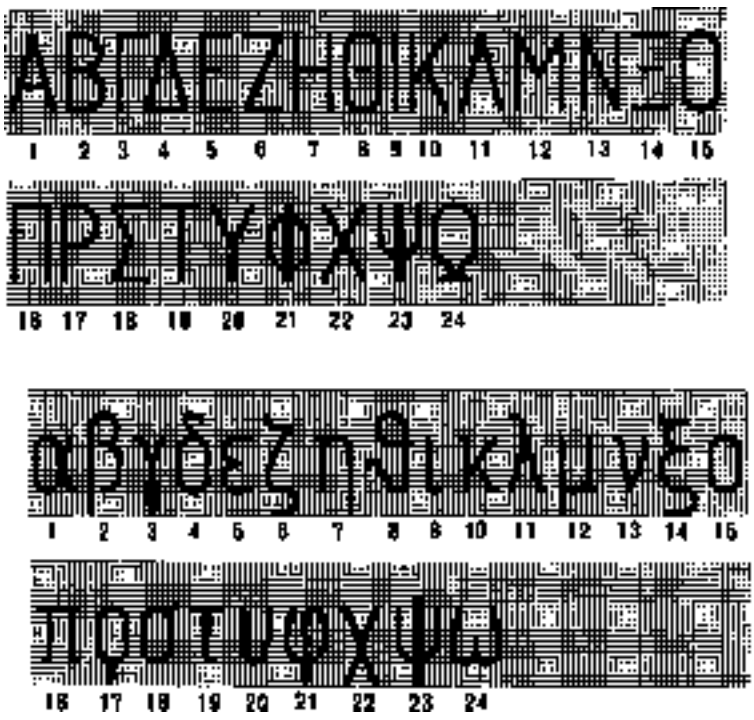
5. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

5.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 13.



Черт.13

5.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 14.



Черт.14

5.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 15.



Черт.15

5.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 16.



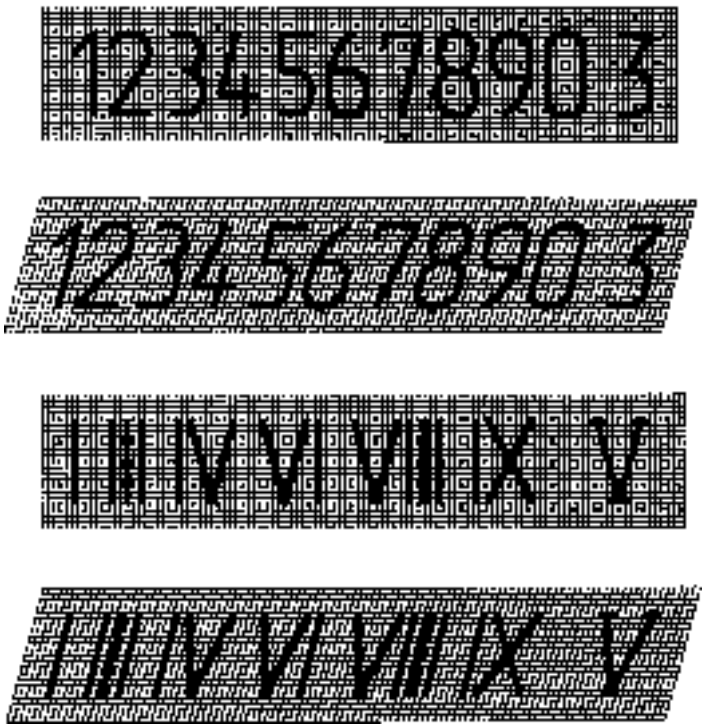
Черт.16

5.5. Наименование букв греческого алфавита, приведенных на черт. 13—16:

1 — альфа	9 — йота	17 — ро
2 — бета	10 — каппа	18 — сигма
3 — гамма	11 — ламбда	19 — тау
4 — дельта	12 — мю	20 — ипсилон
5 — эпсилон	13 — ню	21 — фи
6 — дзета	14 — кси	22 — хи
7 — эта	15 — омикрон	23 — пси
8 — тэта	16 — пи	24 — омега

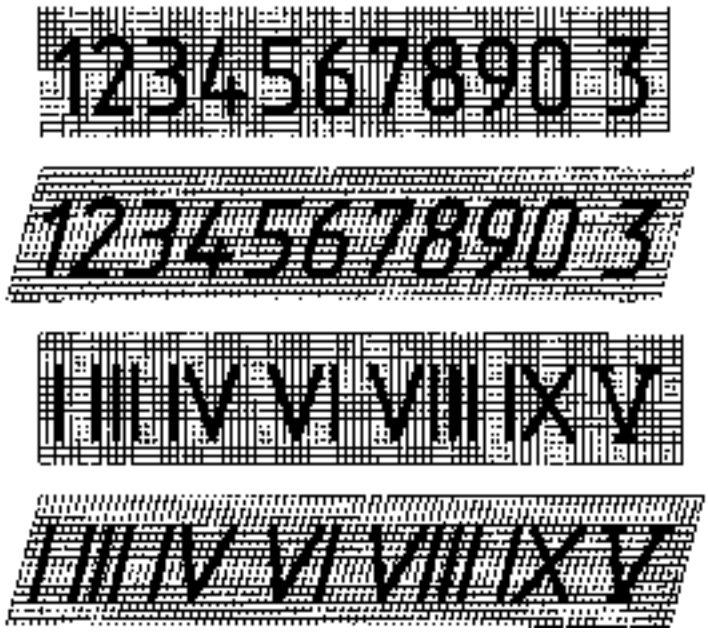
6. АРАБСКИЕ И РИМСКИЕ ЦИФРЫ

6.1. Шрифт типа А приведен на черт. 17.



Черт.17

6.2. Шрифт типа Б приведен на черт. 18.

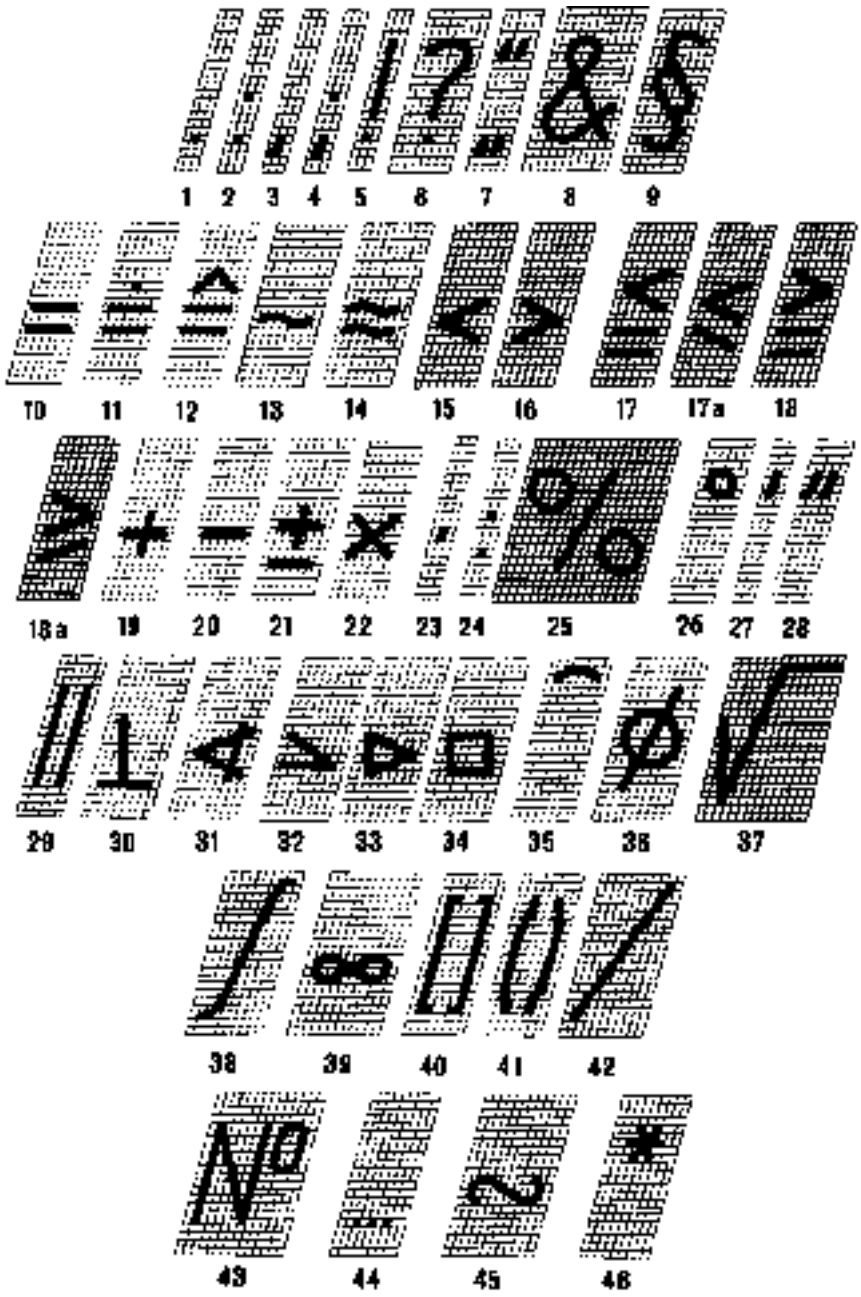


Черт.18

Примечания:
1. Римские цифры L, C, D, M следует выполнять по правилам латинского алфавита.
2. Римские цифры допускается ограничивать горизонтальными линиями.

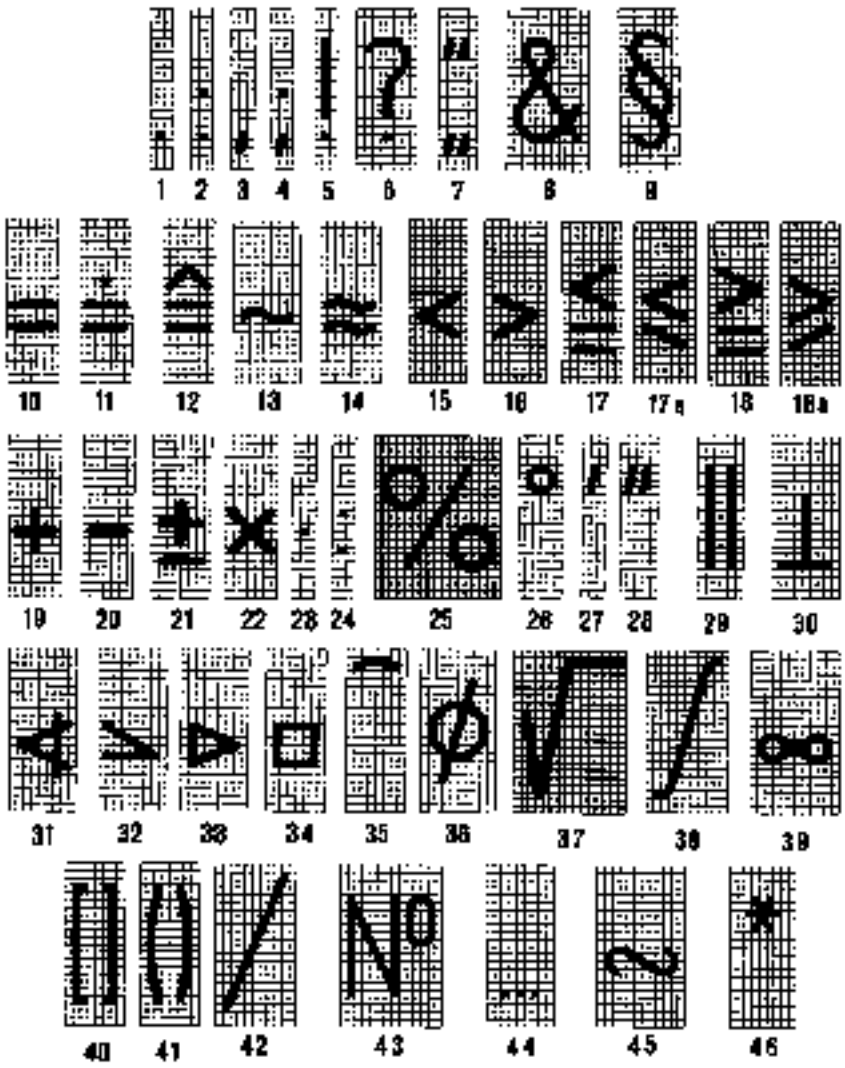
7. ЗНАКИ

7.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 19.



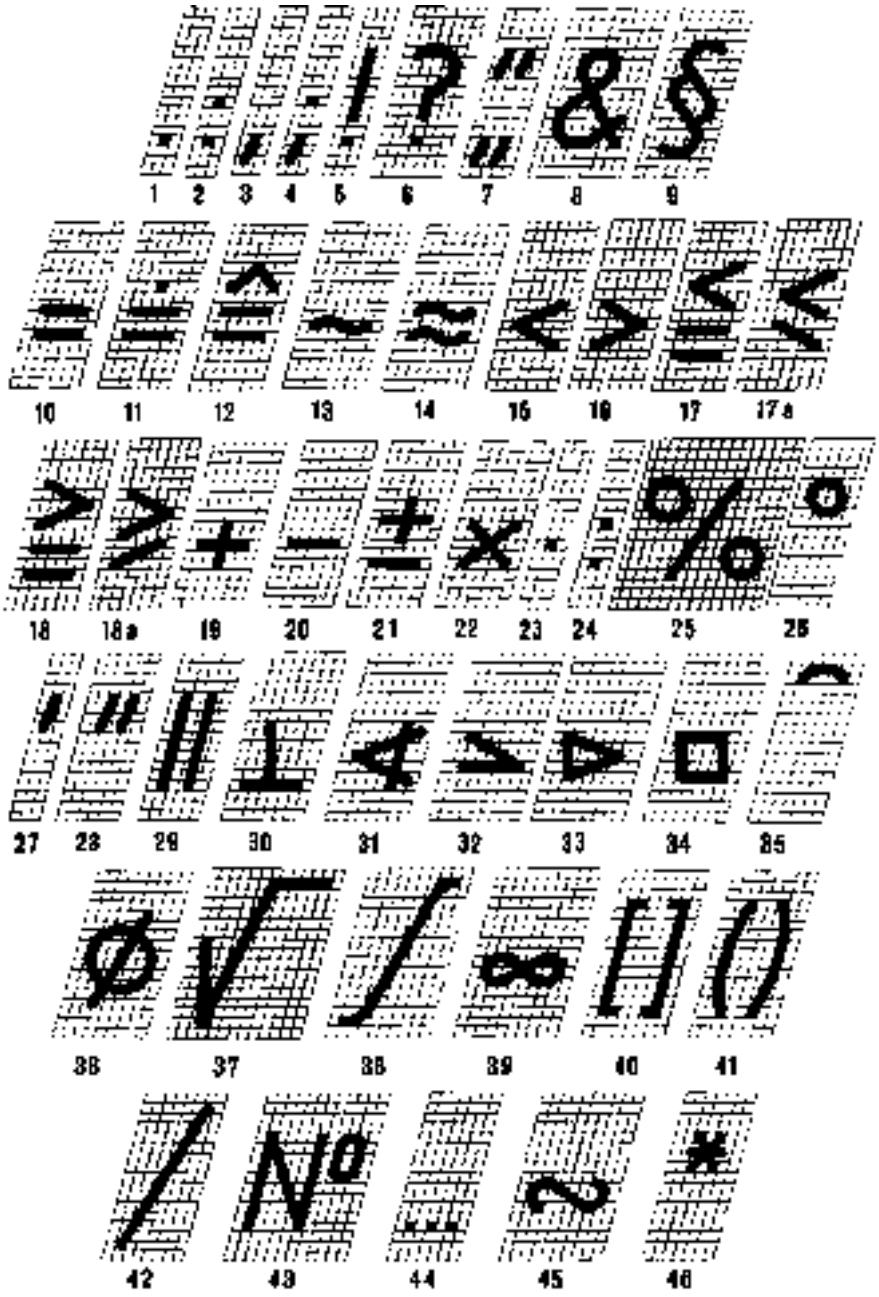
Черт.19

7.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 20.



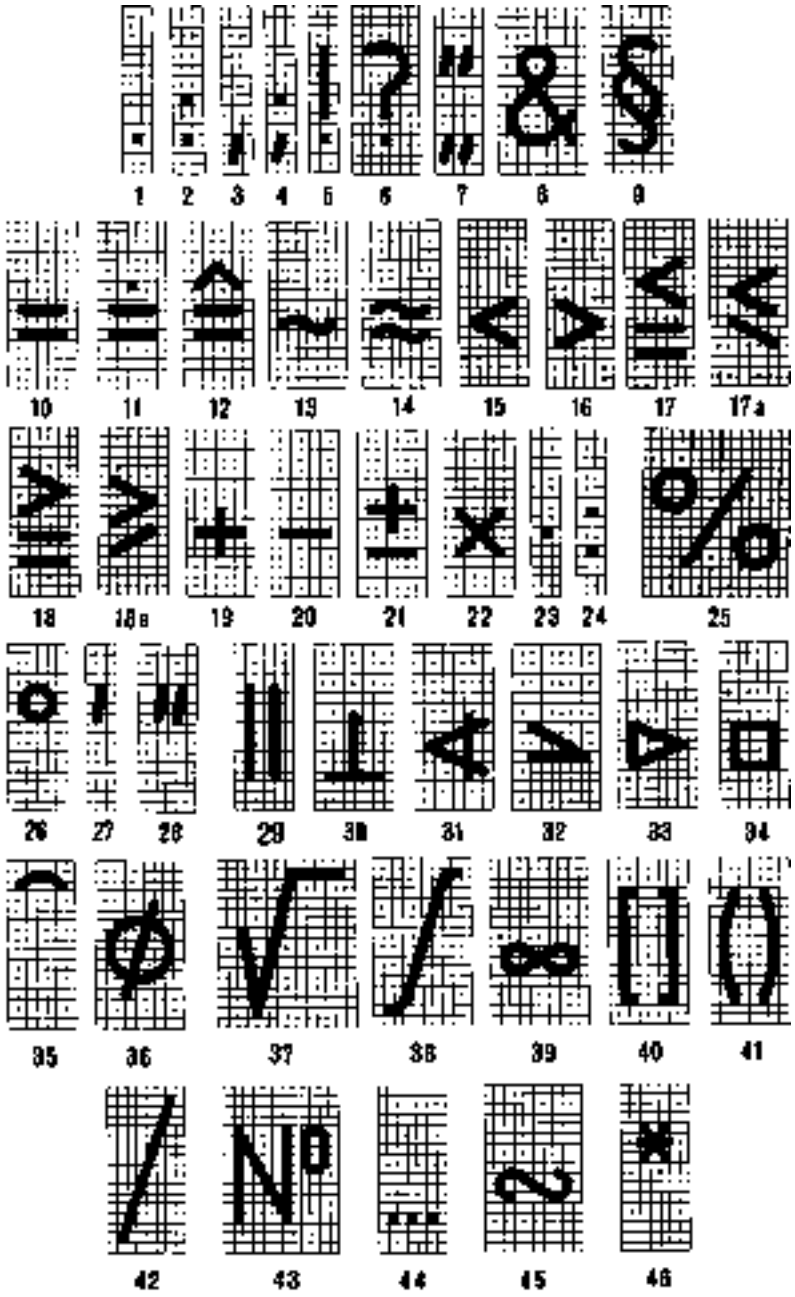
Черт.20

7.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 21.



Черт.21

7.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 22.



Черт.22

7.5. Наименования знаков приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номера знаков на чертежах	Наименование знаков	Номера знаков на чертежах	Наименование знаков
1	Точка	25	Процент
2	Двоеточие	26	Градус
3	Запятая	27	Минута
4	Точка с запятой	28	Секунда
5	Восклицательный знак	29	Параллельно
6	Вопросительный знак	30	Перпендикулярно
7	Кавычки	31	Угол
8	И	32	Уклон
9	Параграф	33	Конусность
10	Равенство	34	Квадрат
11	Величина после округления	35	Дуга
12	Соответствует	36	Диаметр
13	Асимптотически равно	37	Радикал
14	Приблизительно равно	38	Интеграл
15	Меньше	39	Бесконечность
16	Больше	40	Квадратные скобки
17 и 17а	Меньше или равно	41	Круглые скобки
18 и 18а	Больше или равно	42	Черта дроби
19	Плюс	43	Номер
20	Минус, тире	44	От . . . до
21	Плюс—минус	45	Знак подобия
22, 23	Умножение	46	Звездочка
24	Деление		

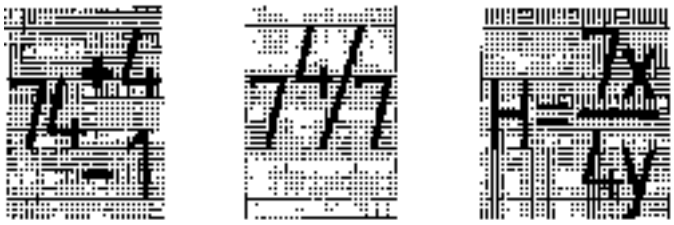
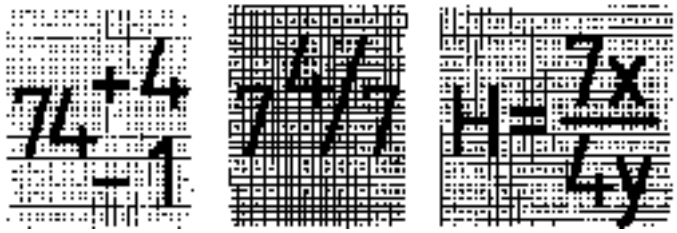
8. ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ ДРОБЕЙ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ИНДЕКСОВ И ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ

8.1. Дроби, показатели, индексы и предельные отклонения выполняются в соответствии с табл. 4 размером шрифта:

на одну ступень меньшим, чем размер шрифта основной величины, к которой они приписываются;

одинакового размера с размером шрифта основной величины.

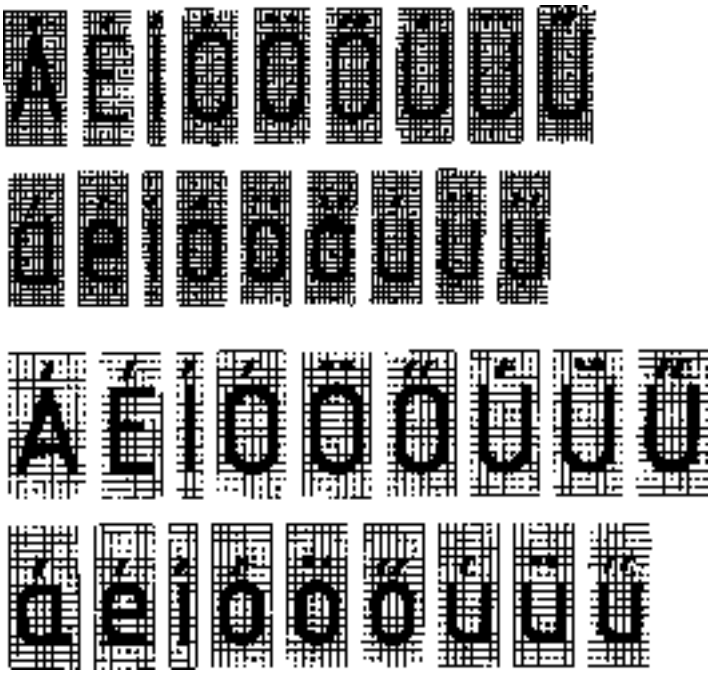
Таблица 4

Варианты выполнения	Шрифт		Примеры выполнения
	основные величины	дроби, показатели и т.п.	
Размер шрифта на одну ступень меньше, чем размер основной величины	Тип А	Тип Б	
	Тип А		
	Тип Б		
Размер шрифта такой же, как размер основной величины	Тип А		
	Тип Б		

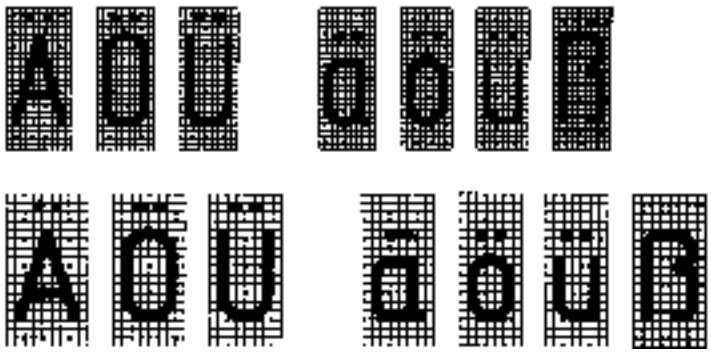
ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

ДИАКРИТИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

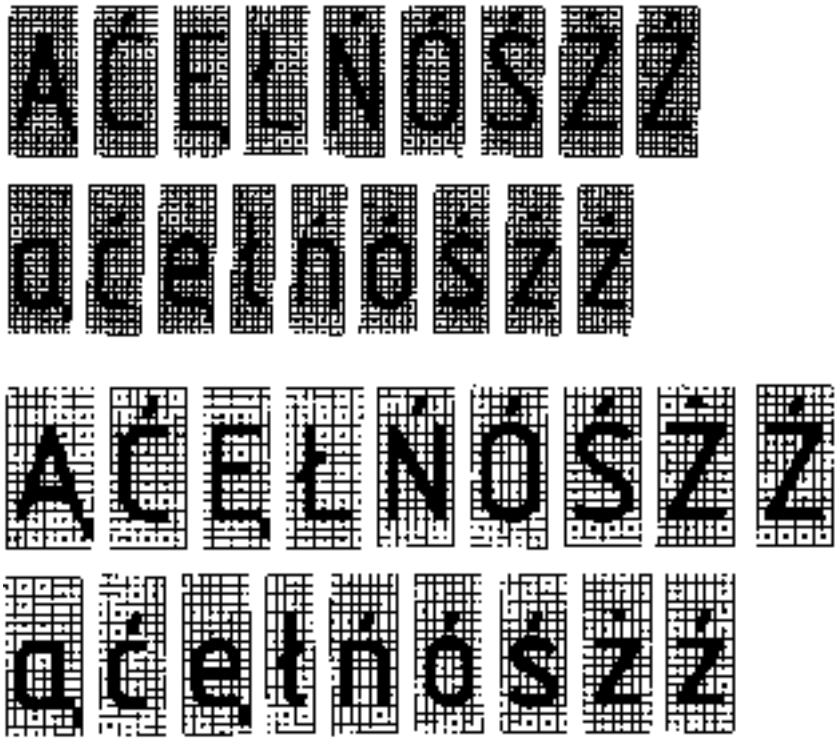
Венгерский язык



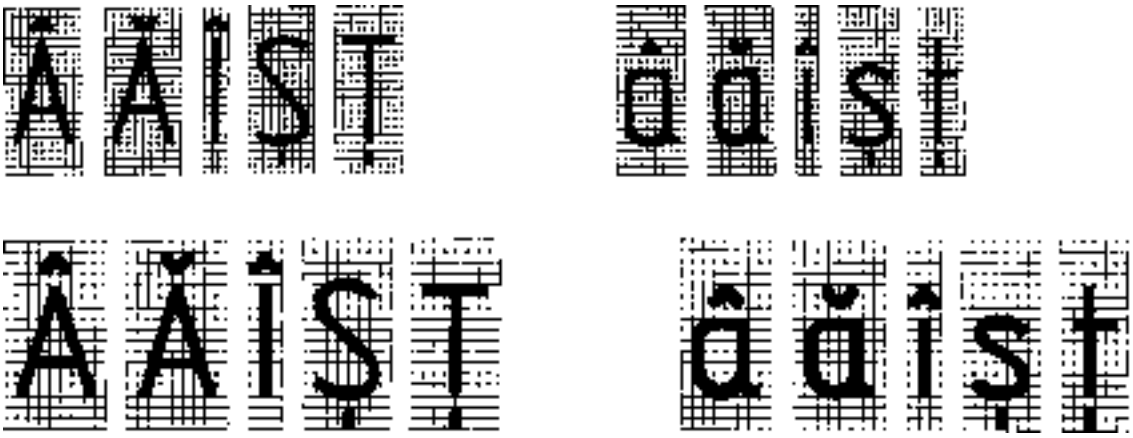
Немецкий язык



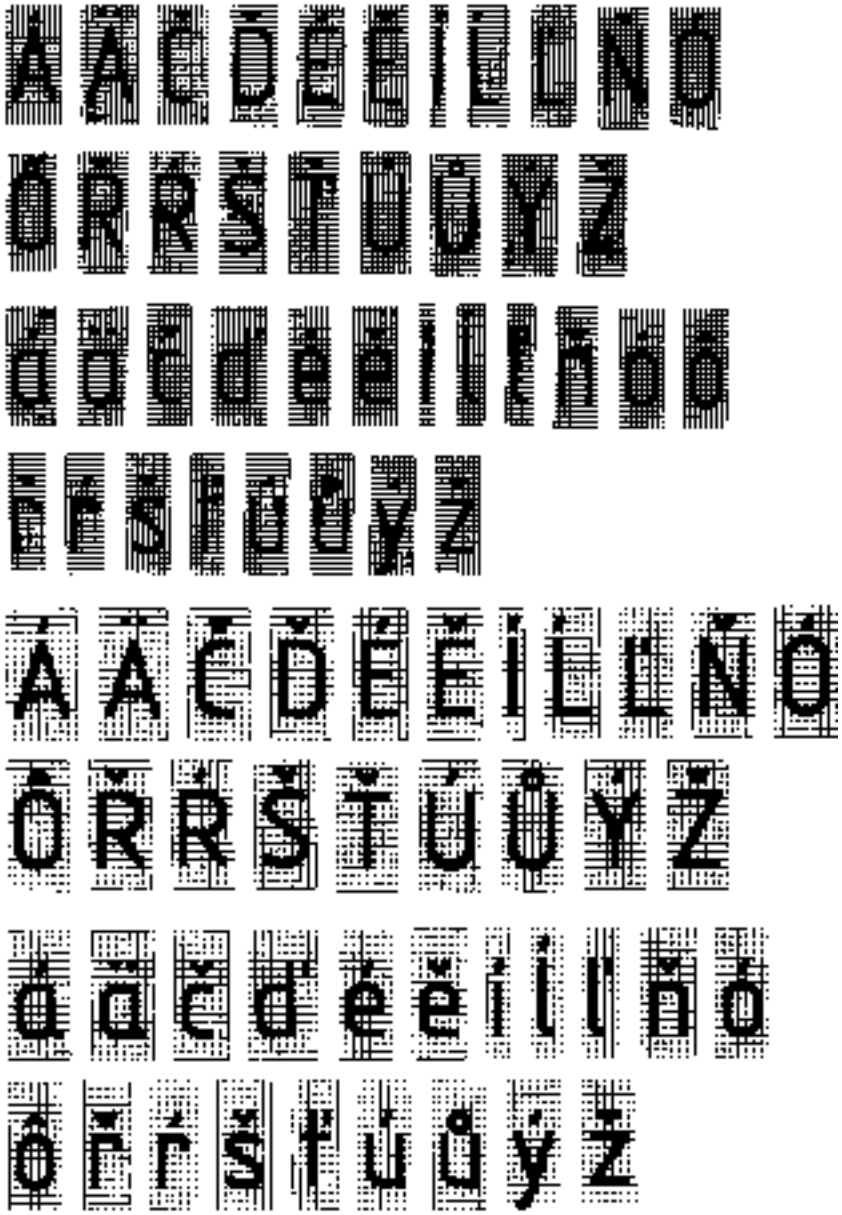
Польский язык



Румынский язык



Чешский и словацкий язык



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам**

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.03.81 № 1562**

3. **Стандарт содержит все требования СТ СЭВ 851-78—СТ СЭВ 855-78 и соответствует СТ СЭВ 6306—88 в части терминов и определений**

4. **ВЗАМЕН ГОСТ 2.304—68**

5. **ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в марте 1989 г. (ИУС 7—89)**

УДК 62(084.11) : 006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

ГОСТ 2.305—68

Unified system for design documentation.
Image — appearance, sections

Дата введения 01.01.71

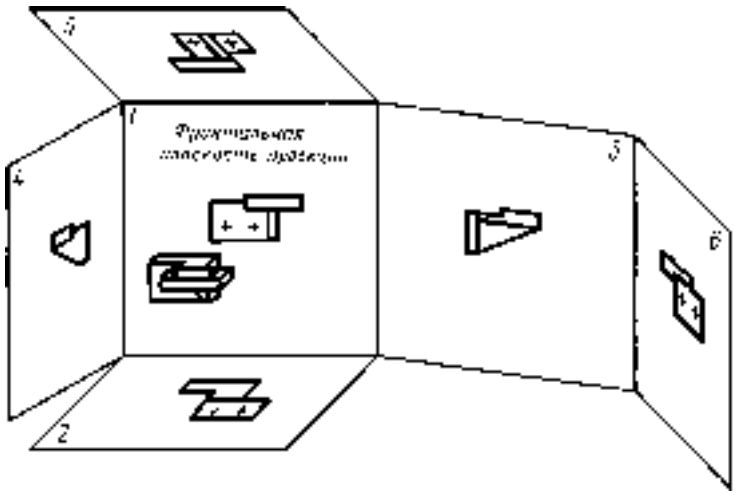
Настоящий стандарт устанавливает правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 363—88.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (черт. 1).



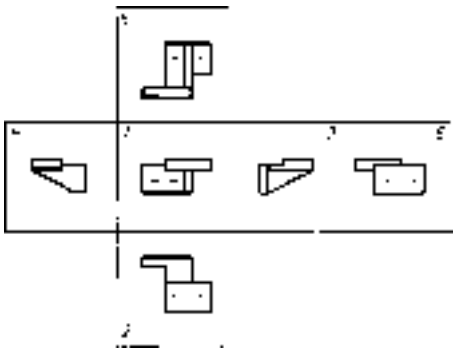
Черт. 1

1.2. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань *6* допускается располагать рядом с гранью *4*.

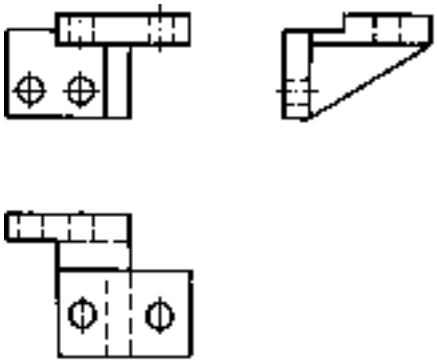
1.3 Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

1.4. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы, сечения.

Издание официальное ★ **Перепечатка воспрещена**



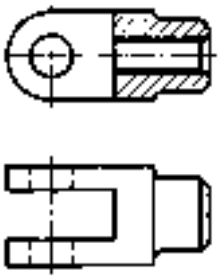
Черт. 2



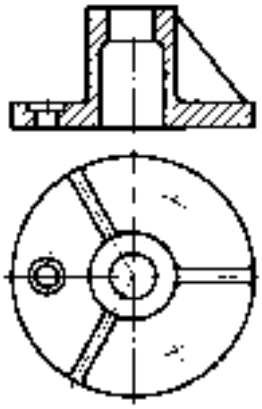
Черт. 3

1.5. В и д — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (черт. 3).

1.6 Р а з р е з — 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 что расположено за ней (черт. 4). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (черт. 5).



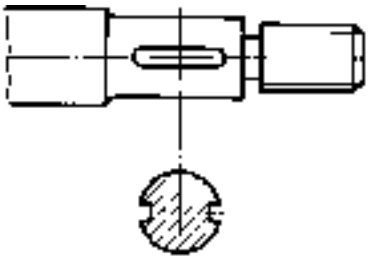
Черт. 4



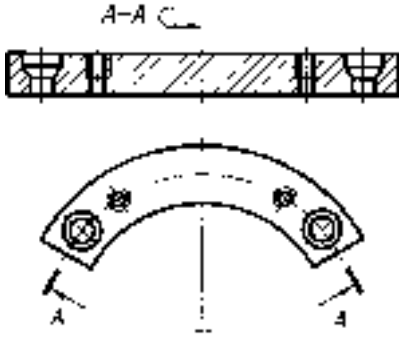
Черт. 5

1.7. С е ч е н и е — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (черт. 6). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (черт. 7).



Черт. 6



Черт. 7

(Измененная редакция, Изм. № 2).

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

2. ВИДЫ

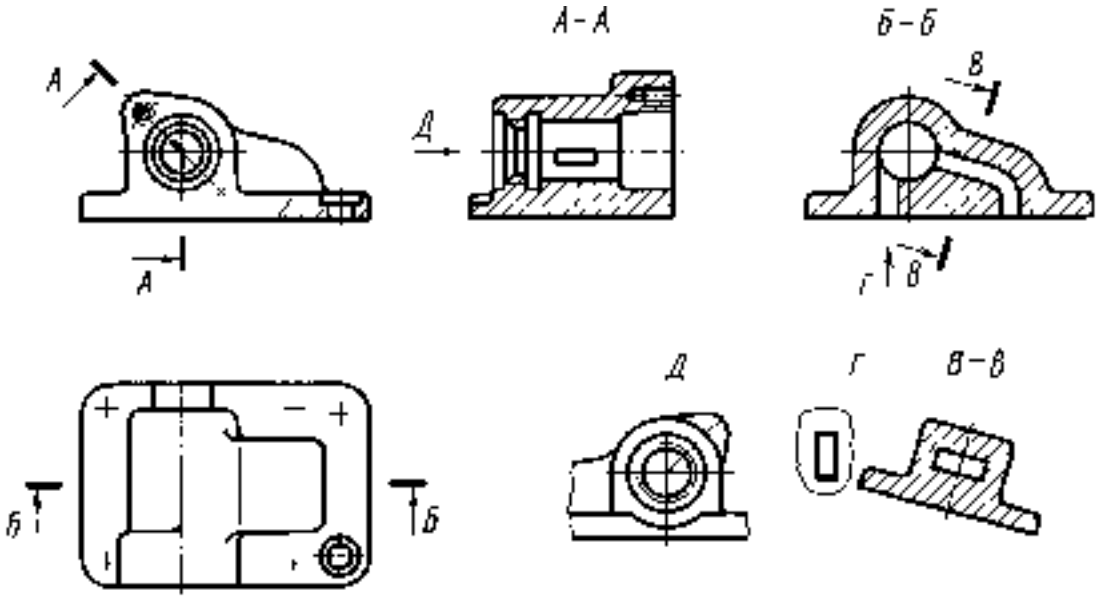
2.1. Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (основные виды, черт. 2):

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

В строительных чертежах в необходимых случаях соответствующим видам могут присваиваться другие названия, например, «фасад».

Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случая, предусмотренного в п. 2.2. В строительных чертежах допускается надписывать название вида с присвоением ему буквенного, цифрового или другого обозначения.

2.2. Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекций), то направление проектирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (черт. 8).



Черт. 8

Чертежи оформляют так же, если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним.

Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.

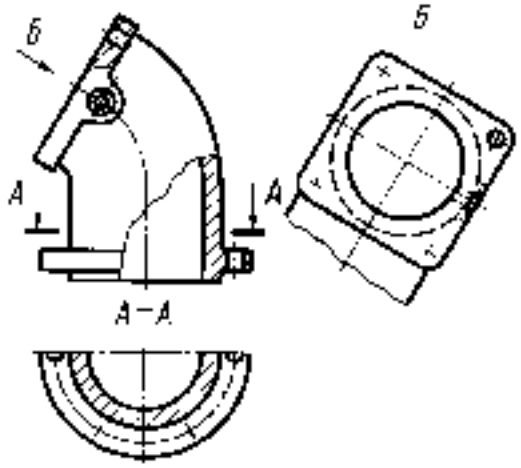
В строительных чертежах допускается направление взгляда указывать двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

В строительных чертежах независимо от взаимного расположения видов допускается надписывать название и обозначение вида без указания направления взгляда стрелкой, если направление взгляда определяется названием или обозначением вида.

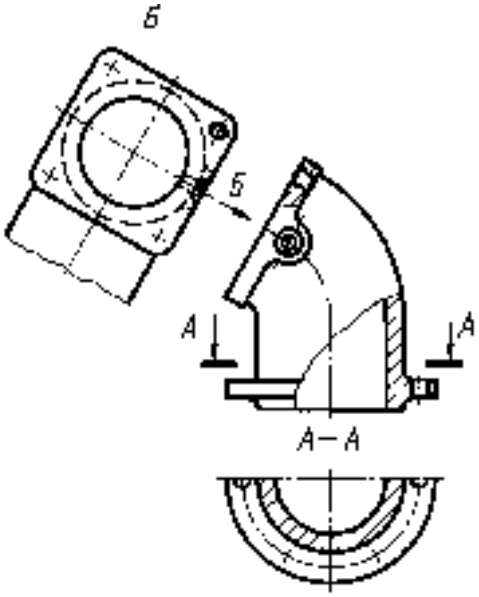
2.3. Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных в п. 2.1 видах

без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (черт. 9—11).

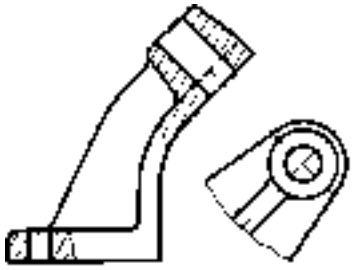
2.4. Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (черт. 9, 10), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка *Б*, черт. 9, 10).



Черт. 9



Черт. 10



Черт. 11

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (черт. 11).

2.2—2.4. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.5. Дополнительные виды располагают, как показано на черт. 9—11. Расположение дополнительных видов по черт. 9 и 11 предпочтительнее.

Дополнительный вид допускается повертывать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением ◯. При необходимости указывают угол поворота (черт. 12).

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид. Если при этом связанные с дополнительным видом части предмета расположены под различными углами, то к обозначению вида условное графическое обозначение ◯ не добавляют.

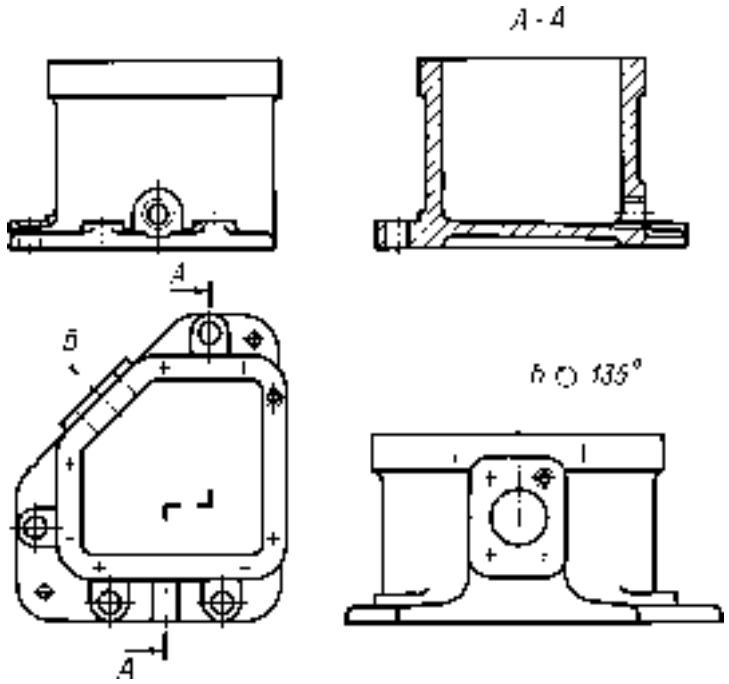
(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2.6. Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется местным видом (вид *Г*, черт. 8; вид *Д*, черт. 13).

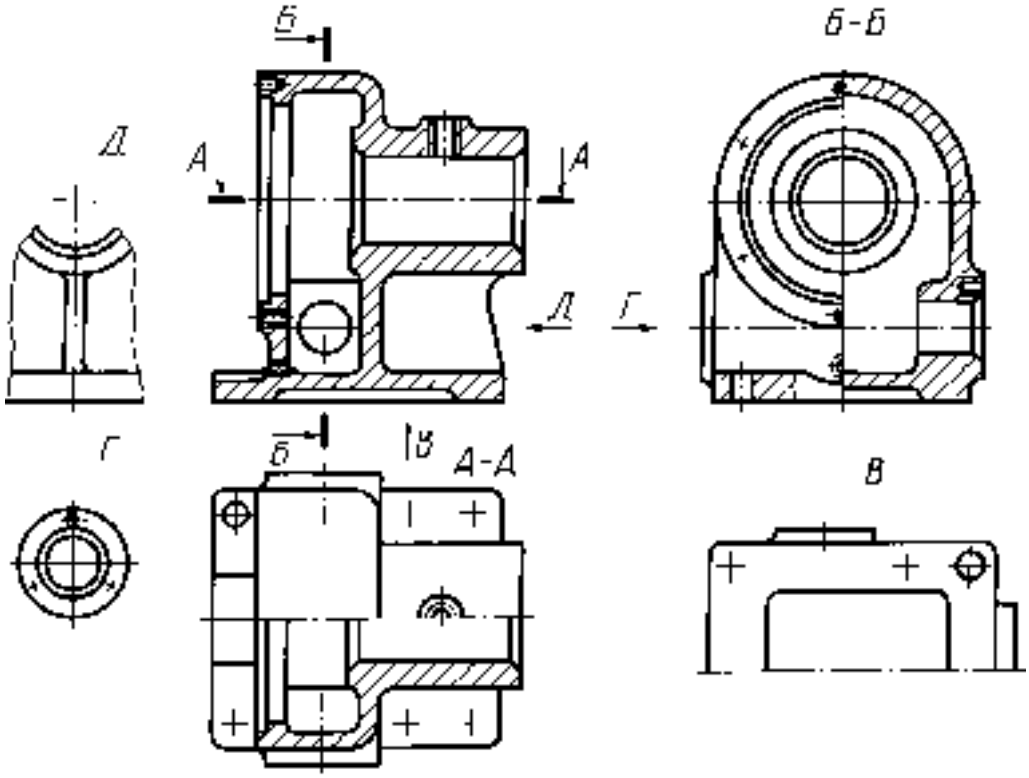
Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (вид *Д*, черт. 13), или не ограничен (вид *Г*, черт. 13). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

2.7. Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенным на черт. 14.

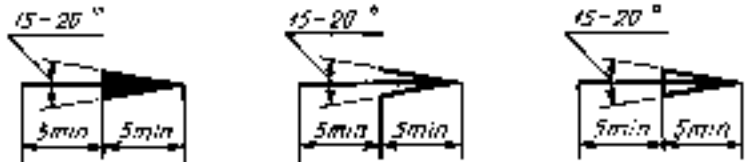
2.6, 2.7**. (Измененная редакция, Изм. № 2).**



Черт. 12



Черт. 13



Черт. 14

3. РАЗРЕЗЫ

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

горизонтальные — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез *А—А*, черт. 13; разрез *Б—Б*, черт. 15).

В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, «план»;

вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез на месте главного вида, черт. 13; разрезы *А—А, В—В, Г—Г*, черт. 15);

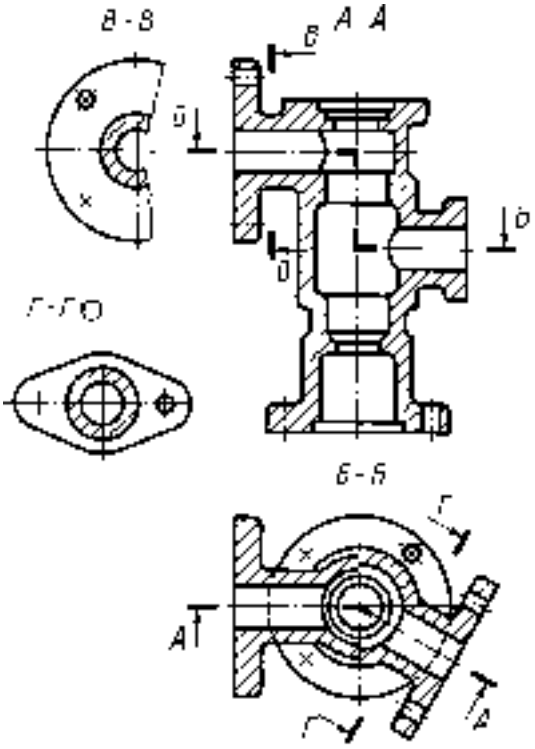
наклонные — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (например, разрез *В—В*, черт. 8).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

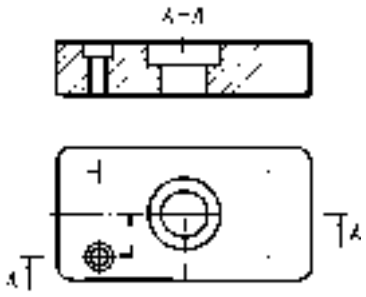
простые — при одной секущей плоскости (например, черт. 4, 5);

сложные — при нескольких секущих плоскостях (например, разрез *А—А*, черт. 8; разрез *Б—Б*, черт. 15).

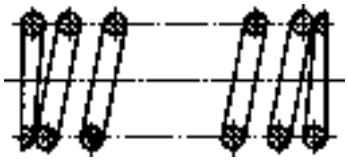
3.2. Вертикальный разрез называется фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (например, разрез, черт. 5; разрез *А—А*, черт. 16), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, разрез *Б—Б*, черт. 13).



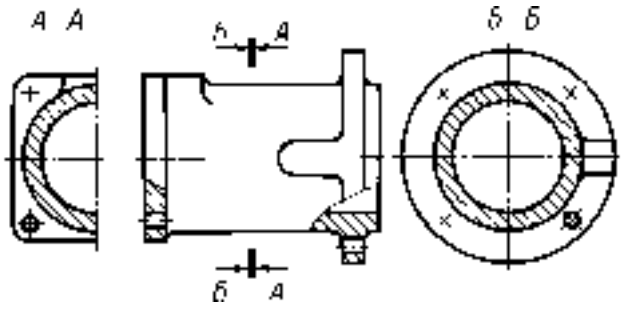
Черт. 15



Черт. 16



Черт. 17



Черт. 18

3.3. Сложные разрезы бывают ступенчатыми, если секущие плоскости параллельны (например, ступенчатый горизонтальный разрез *Б—Б*, черт. 15; ступенчатый фронтальный разрез *А—А*, черт. 16), и ломаными, если секущие плоскости пересекаются (например, разрезы *А—А*, черт. 8 и 15).

3.4. Разрезы называются продольными, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (черт. 17), и поперечными, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (например, разрезы *А—А* и *Б—Б*, черт. 18).

3.5. Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (черт. 8—10, 13, 15); стрелки должны наноситься на расстоянии 2—3 мм от конца штриха.

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения.

В случаях, подобных указанному на черт. 18, стрелки, указывающие направление взгляда, наносятся на одной линии.

3.1—3.5**. (Измененная редакция, Изм. № 2**).

3.6. У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у мест пересечения секущих плоскостей ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, и в местах пересечения со стороны внешнего угла.

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

В строительных чертежах у линии сечения взамен букв допускается применять цифры, а также надписывать название разреза (плана) с присвоенным ему буквенным цифровым или другим обозначением.

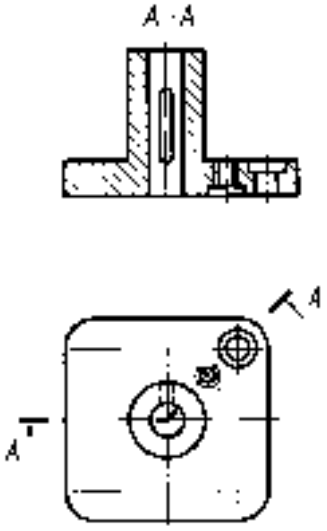
3.7. Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости, и разрез надписью не сопровождают (например, разрез на месте главного вида, черт. 13).

3.8. Фронтальным и профильным разрезам, как правило, придают положение, соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении чертежа (черт. 12).

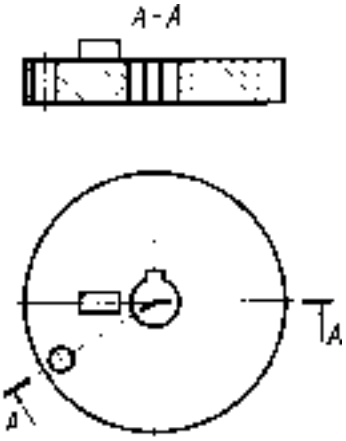
3.9. Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (черт. 13).

3.10. Вертикальный разрез, когда секущая плоскость непараллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения.

Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа (разрез *В—В*, черт. 8), а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение ↻ (разрез *Г—Г*, черт. 15).



Черт. 19



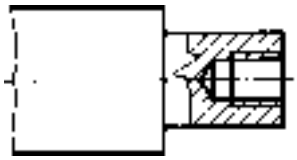
Черт. 20

3.11. При ломаных разрезах секущие плоскости условно повертывают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда (черт. 19).

Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида (разрезы *А—А*, черт. 8, 15). При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные на ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение (черт. 20).



Черт. 21

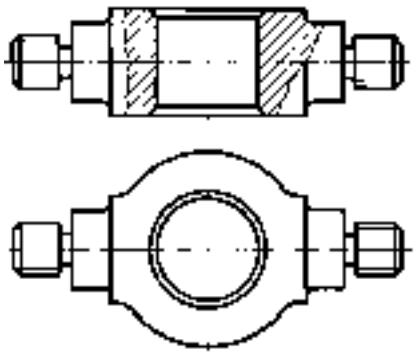


Черт. 22

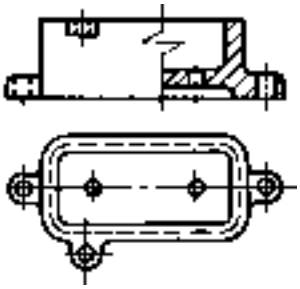
3.12. Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется местным.

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (черт. 21) или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 22). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

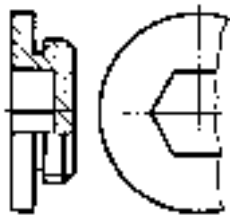
3.13. Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 23, 24, 25). Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (черт. 26). Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией (черт. 27), совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет тело вращения.



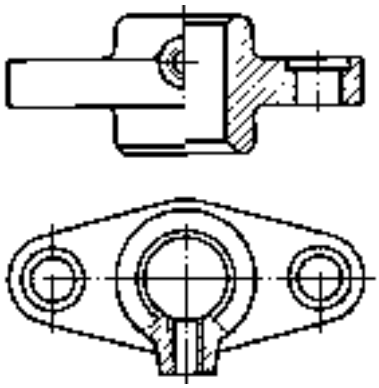
Черт. 23



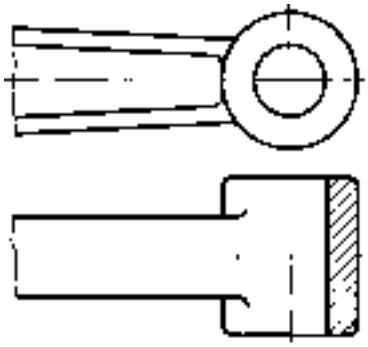
Черт. 24



Черт. 25



Черт. 26



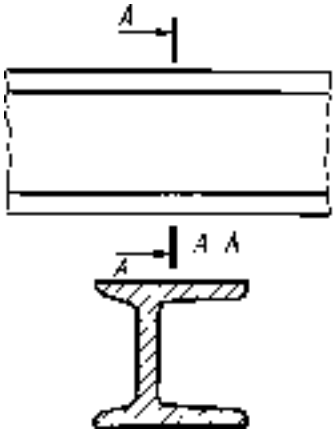
Черт. 27

3.10—3.13. (**Измененная редакция, Изм. № 2).**

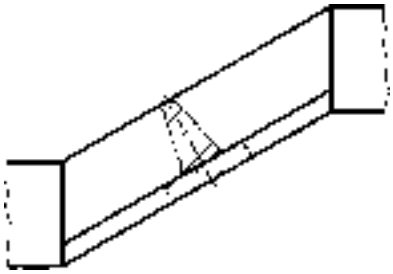
3.14. Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов: четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

4. СЕЧЕНИЯ

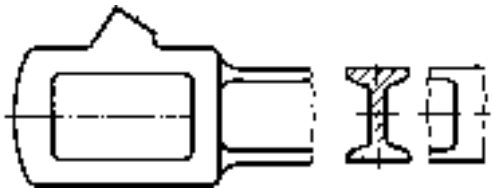
4.1. Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на:
вынесенные (черт. 6, 28);
наложенные (черт. 29).
Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрезе между частями одного и того же вида (черт. 30).



Черт. 28



Черт. 29



Черт. 30

(Измененная редакция, Изм. № 2).

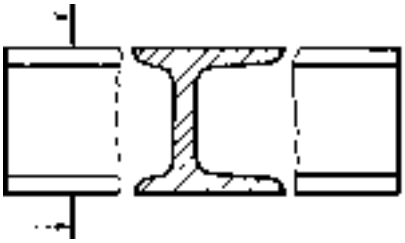
4.2. Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения — сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (черт. 13, 28, 29).

4.3. Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (черт. 6, 29) указывают штрих-пунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

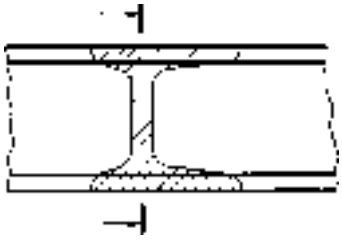
В случаях, подобных указанному на черт. 30, при симметричной фигуре сечения линию сечения не проводят.

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита (в строительных чертежах — прописными или строчными буквами русского алфавита или цифрами). Сечение сопровождают надписью по типу «*А—А*» (черт. 28). В строительных чертежах допускается надписывать название сечения.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (черт. 31) или наложенных (черт. 32), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.



Черт. 31



Черт. 32

В строительных чертежах при симметричных сечениях применяют разомкнутую линию с обозначением ее, но без стрелок, указывающих направление взгляда.

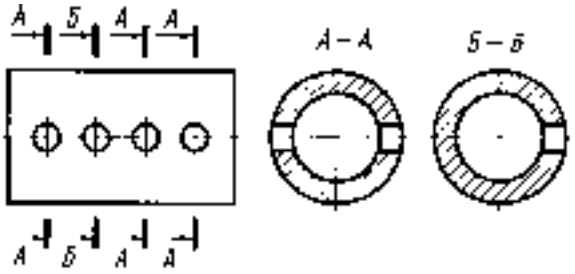
4.4. Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения ↻.

4.5. Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (черт. 33, 34).

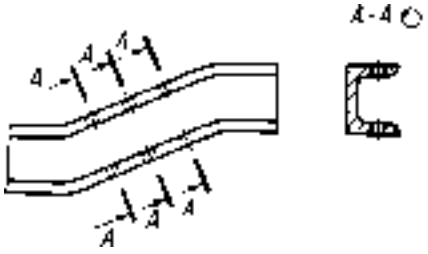
Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (черт. 35), то условное графическое обозначение ↻ не наносят.

Когда расположение одинаковых сечений точно определено изображением или размерами, допускается наносить одну линию сечения, а над изображением сечения указывать количество сечений.

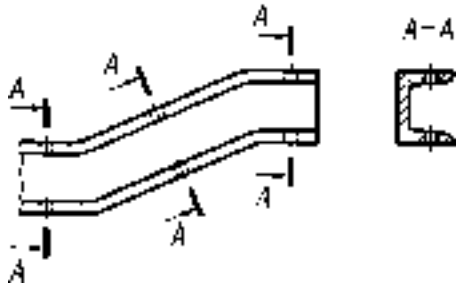
4.6 Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).



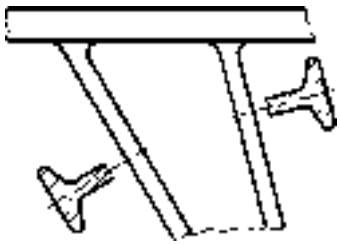
Черт. 33



Черт. 34



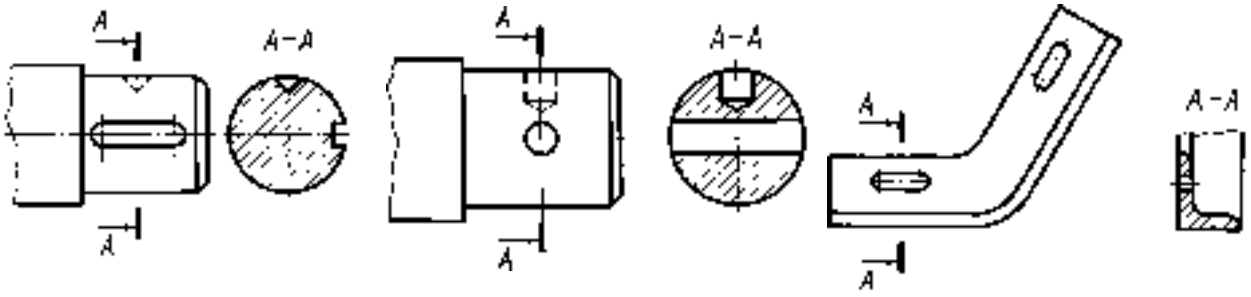
Черт. 35



Черт. 36

4.7. Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).

4.8. Если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (черт. 38).



Черт. 37

Черт. 38

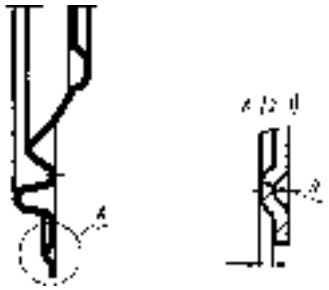
4.4—4.8. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

5. ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

5.1. Выносной элемент — дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных.

Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом).

5.2. При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией — окружностью, овалом и т. п. с обозначением выносного элемента прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение и масштаб, в котором он выполнен (черт. 39).



Черт. 39

В строительных чертежах выносной элемент на изображении допускается также отмечать фигурной или квадратной скобкой или графически не отмечать. У изображения, откуда элемент выносится, и у выносного элемента допускается также наносить присвоенное выносному элементу буквенное или цифровое (арабскими цифрами) обозначение и название.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

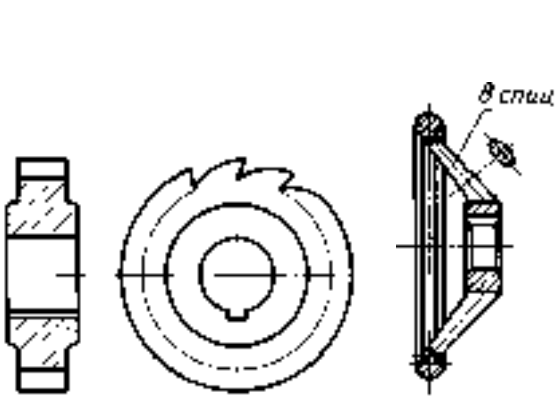
5.3. Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

6. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ

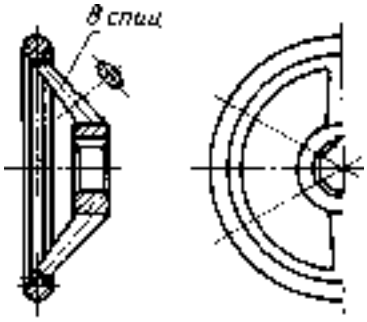
6.1. Если вид, разрез или сечение представляют симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения (вид В, черт. 13) или немного более половины изображения с проведением в последнем случае линии обрыва (черт. 25).

6.2. Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента (например, одно-два отверстия, черт. 15), а остальные элементы показывают упрощенно или условно (черт. 40).

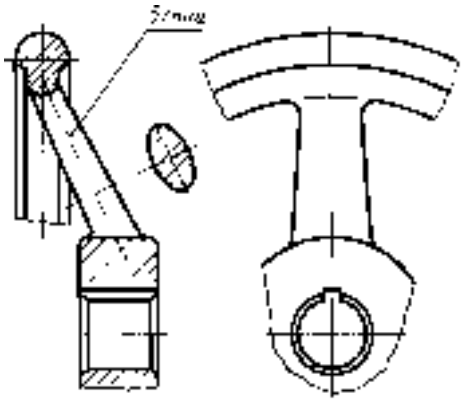
Допускается изображать часть предмета (черт. 41, 42) с надлежащими указаниями о количестве элементов, их расположении и т. п.



Черт. 40

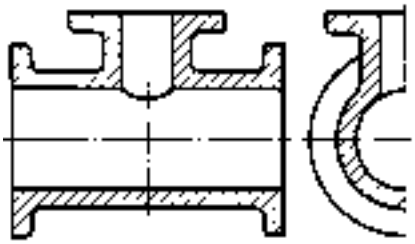


Черт. 41

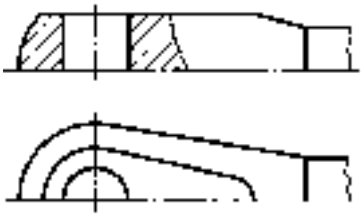


Черт. 42

6.3. 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 (черт. 43, 44).

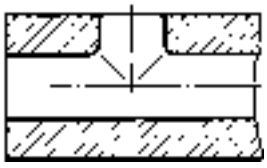


Черт. 43

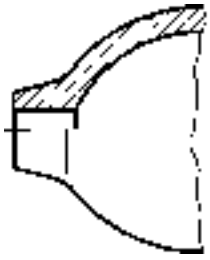


Черт. 44

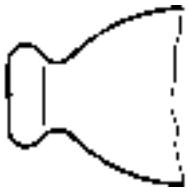
6.4. Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно (черт. 45—47) или совсем не показывается (черт. 48—50).



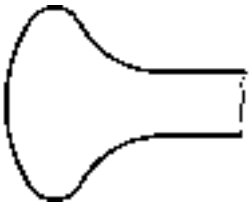
Черт. 45



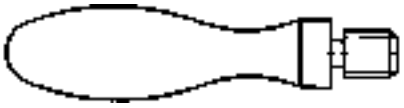
Черт. 46



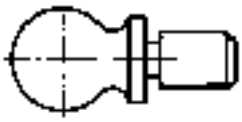
Черт. 47



Черт. 48

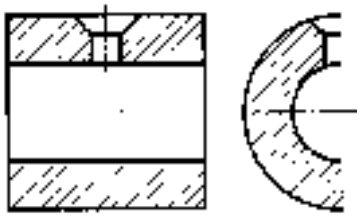


Черт. 49

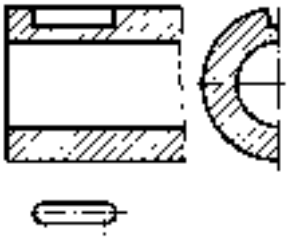


Черт. 50

Допускаются упрощения, подобные указанным на черт. 51, 52.



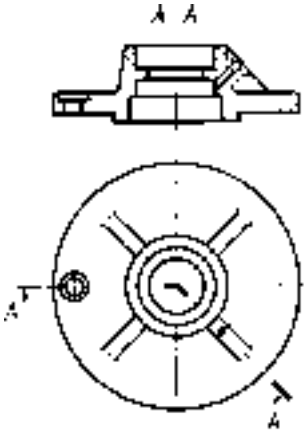
Черт. 51



Черт. 52

6.5. Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п. при продольном разрезе показывают нерассеченными. Шарики всегда показывают нерассеченными.

Как правило, показываются нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы.



Черт. 53

Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п. показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента.

Если в подобных элементах детали имеется местное сверление, углубление и т. п., то делают местный разрез, как показано на черт. 21, 22, 53.

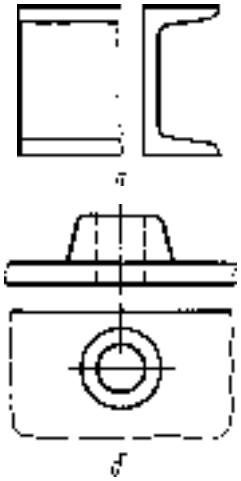
(Измененная редакция, Изм. № 2).

6.6. Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п.) размером (или разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения.

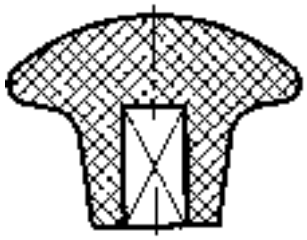
6.7. Допускается незначительную конусность или уклон изображать с увеличением.

На тех изображениях, на которых уклон или конусность отчетливо не выявляются, например, главный вид на черт. 54*а* или вид сверху на черт. 54*б*, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном или меньшему основанию конуса.

6.8. При необходимости выделения на чертеже плоских поверхностей предмета на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями (черт. 55).



Черт. 54

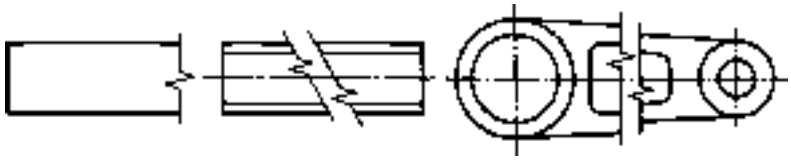


Черт. 55

6.9. Предметы или элементы, имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.), допускается изображать с разрывами.

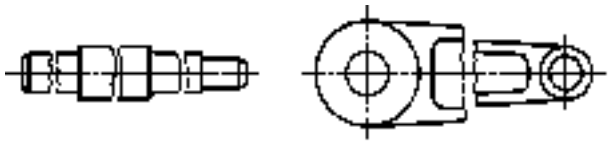
Частичные изображения и изображения с разрывами ограничивают одним из следующих способов:

а) сплошной тонкой линией с изломом, которая может выходить за контур изображения на длину от 2 до 4 мм. Эта линия может быть наклонной относительно линии контура (черт. 56а);



Черт. 56а

б) сплошной волнистой линией, соединяющей соответствующие линии контура (черт. 56б);



Черт. 56б

в) линиями штриховки (черт. 56в).



Черт. 56в

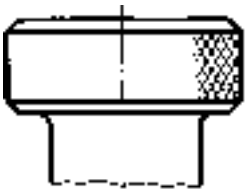
(Измененная редакция, Изм. № 2).

6.10. На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетенкой, орнаментом, рельефом, накаткой и т. д. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением (черт. 57).

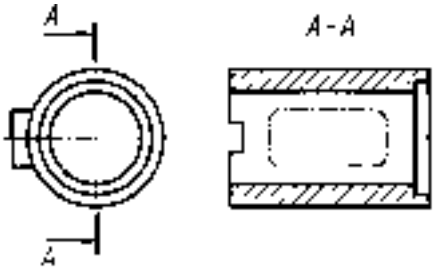
6.11. Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается:

а) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе (наложенная проекция, черт. 58);

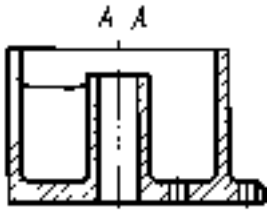
б) применять сложные разрезы (черт. 59);

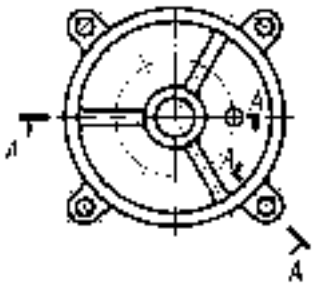


Черт. 57



Черт.58



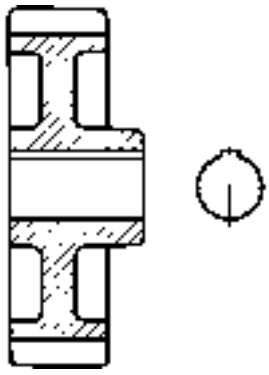


Черт. 59

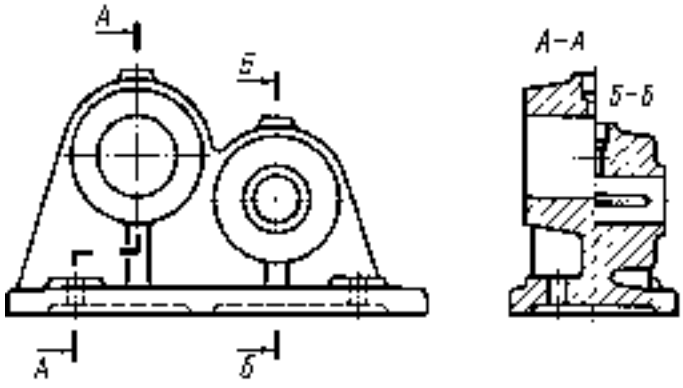
в) для показа отверстия в ступицах зубчатых колес, шкивов и т. п., а также для шпоночных пазов вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия (черт. 60) или паза (черт. 52);

г) изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость (черт. 15).

6.12. Если вид сверху не является необходимым и чертеж составляется из изображений на фронтальной и профильной плоскостях проекций, то при ступенчатом разрезе линия сечения и надписи, относящиеся к разрезу, наносятся так, как показано на черт. 61.



Черт. 60



Черт. 61

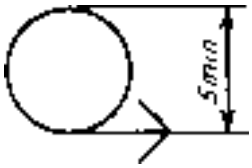
6.11, 6.12. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

6.13. Условности и упрощения, допускаемые в неразъемных соединениях, в чертежах электротехнических и радиотехнических устройств, зубчатых зацеплений и т. д., устанавливаются соответствующими стандартами.

6.14. Условное графическое обозначение «повернуто» должно соответствовать черт. 62 и «развернуто» — черт. 63.



Черт. 62



Черт. 63

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

ПРИЛОЖЕНИЕ по ГОСТ 2.317—69.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.

3. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 363—88

4. ВЗАМЕН ГОСТ 3453—59 в части разд. I—V, VII и приложения

5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в сентябре 1987 г., августе 1989 г. (ИУС 12—87, 12—89)

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ОБОЗНАЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПРАВИЛА ИХ НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

ГОСТ 2.306—68

Unified system for design documentation.
Graphical designations of materials and rules for their representation

Дата введения 01.01.71

1. Настоящий стандарт устанавливает графические обозначения материалов в сечениях и на фасадах, а также правила нанесения их на чертежи всех отраслей промышленности и строительства.
(Измененная редакция, Изм. № 2).

1а. Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материалов должно соответствовать черт. 1*а*.



Черт.1а

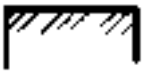
(Введен дополнительно, Изм. № 1).

2. Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материалов должны соответствовать приведенным в табл. 1.

Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренных в настоящем стандарте, поясняя их на чертеже.

Издание официальное ★ **Перепечатка воспрещена**

Таблица 1

Материал	Обозначение
1. Металлы и твердые сплавы	
2. Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже	
3. Древесина	
4. Камень естественный	
5. Керамика и силикатные материалы для кладки	
6. Бетон	
7. Стекло и другие светопрозрачные материалы	
8. Жидкости	
9. Грунт естественный	

Примечания:

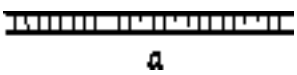
1. Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают как металлы.

2. Графическое обозначение п. 3 следует применять, когда нет необходимости указывать направление волокон.

3. Графическое обозначение п. 5 следует применять для обозначения кирпичных изделий (обожженных и необожженных), огнеупоров, строительной керамики, электротехнического фарфора, шлакобетонных блоков и т.п.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

3. Устанавливают следующие обозначения сетки и засыпки из любого материала (в сечении), указанные на черт. 1.



а



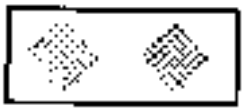
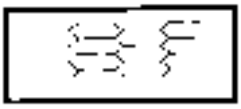
б

а — сетка; *б* — засыпка

Черт.1

4. При выделении материалов и изделий на виде (фасаде) графические обозначения их должны соответствовать указанным в табл. 2.

Таблица 2

Материал	Обозначение
1. Металлы	
2. Сталь рифленая	
3. Сталь просечная	
4. Кладка из кирпича строительного и специального, клинкера, керамики, терракоты, искусственного и естественного камней любой формы и т.п.	
5. Стекло	

Примечания:

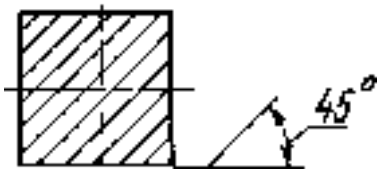
1. **(Исключено, Изм. № 1).**

2. Для уточнения разновидности материала, в частности, материалов с однотипным обозначением, графическое обозначение следует сопровождать поясняющей надписью на поле чертежа.

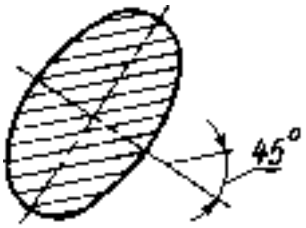
3. В специальных строительных конструктивных чертежах для армирования железобетонных конструкций должны применяться обозначения по ГОСТ 21.501.

4. Обозначение материала на виде (фасаде) допускается наносить не полностью, а только небольшими участками по контуру или пятнами внутри контура.

5. Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45 ° к линии контура изображения (черт. 2*а*) или к его оси (черт. 2*б*), или к линиям рамки чертежа (черт. 2).

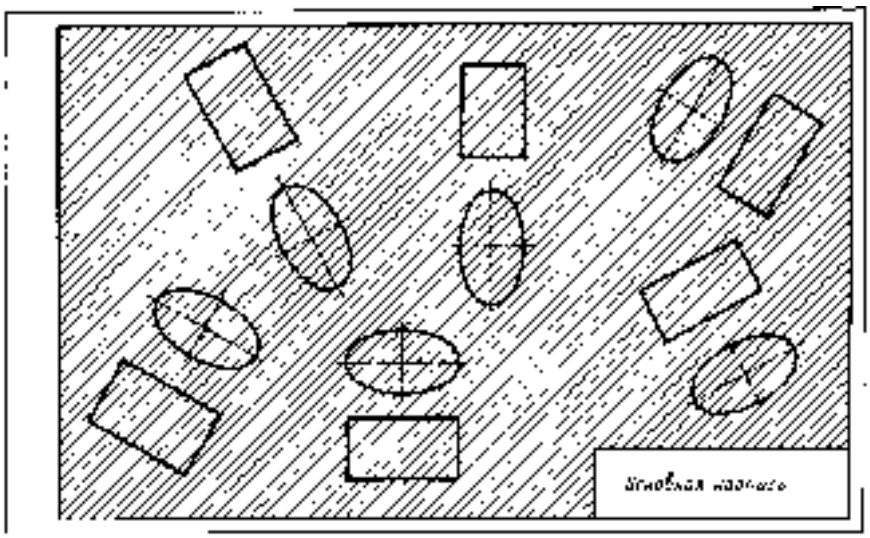


Черт.2а

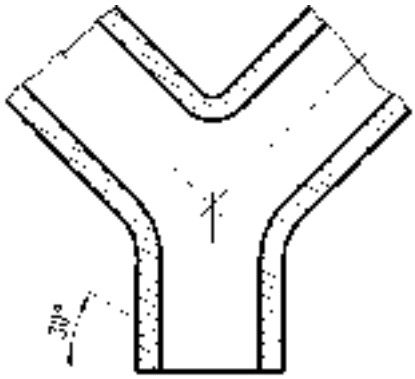


Черт.2б

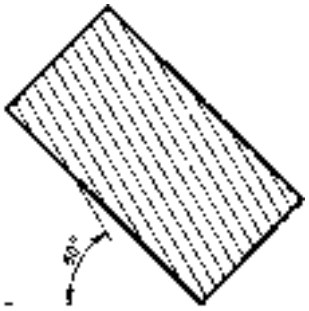
Если линии штриховки, приведенные к линиям рамки чертежа под углом 45 °, совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45 ° следует брать угол 30 ° или 60 ° (черт. 3 и 4).



Черт.2



Черт.3



Черт.4

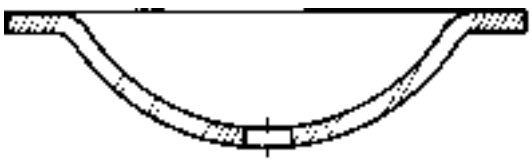
Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

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

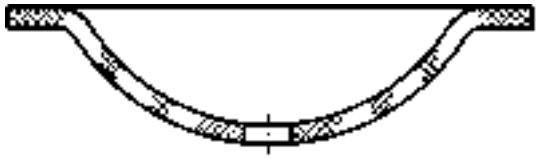
(Измененная редакция, Изм. № 2).

7. Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных, вальцованных и других подобных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения — небольшими участками в нескольких местах (черт. 5 и 6). В этих случаях линии штриховки стекла (черт. 7) следует наносить с наклоном 15—20 ° к линии большей стороны контура сечения.



Черт.5

Штриховки всех обозначений в этом случае выполняют от руки.



Черт.6



Черт.7

8. Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (черт. 8, 9).

В строительных чертежах допускается на сечениях незначительной площади любой материал обозначать как металл или вообще не применять обозначение, сделав поясняющую надпись на поле чертежа.



Черт.8



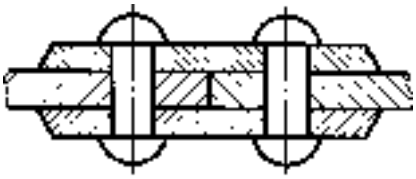
Черт.9

9. Обозначение, указанное в п. 3 табл. 1, и обозначение засыпки в сечении выполняют от руки.
(Измененная редакция, Изм. № 1).

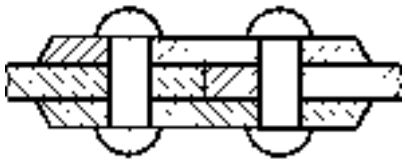
10. Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого — влево (встречная штриховка).

При штриховке «в клетку» для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным.

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки (черт. 10) или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона (черт. 11).

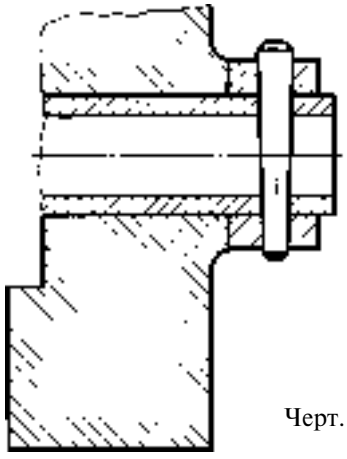


Черт.10



Черт.11

11. При больших площадях сечений, а также при указании профиля грунта допускается наносить обозначение лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины (черт. 12).
(Измененная редакция, Изм. № 1).



Черт.12

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.

3. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 6306—88

4. ВЗАМЕН ГОСТ 3455—59 и ГОСТ 11633—65

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 21.501—93	4

6. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в августе 1980 г., сентябре 1987 г., марте 1989 г. (ИУС 11—80, 12—87, 7—89)

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ

ГОСТ 2.307—68

Unified system for design documentation.
Drawing of dimensions an limit deviations

Дата введения 01.01.71

Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства.

(Измененная редакция, Изм. № 3).

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже.

Исключение составляют случаи, предусмотренные в ГОСТ 2.414; ГОСТ 2.417; ГОСТ 2.419, когда величину изделия или его элементов определяют по изображениям, выполненным с достаточной степенью точности.

Основанием для определения требуемой точности изделия при изготовлении являются указанные на чертеже предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

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

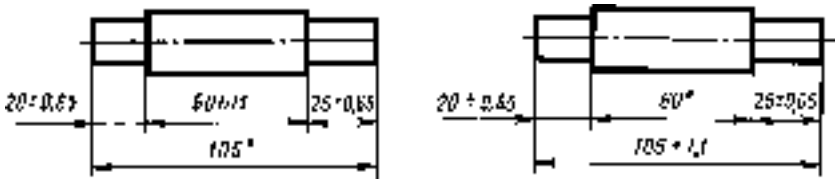
1.3. Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для бóльшего удобства пользования чертежом, называются справочными.

1.4. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «* Размеры для справок». Если все размеры на чертеже справочные, их знаком «*» не отмечают, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

На строительных чертежах справочные размеры отмечают и оговаривают только в случаях, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.5. К справочным относят следующие размеры:

а) один из размеров замкнутой размерной цепи. Предельные отклонения таких размеров на чертеже не указывают (черт. 1);



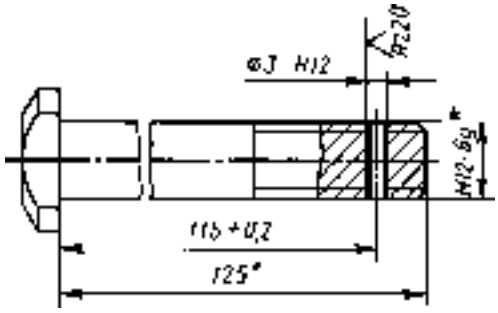
* Размеры для справок.

Черт. 1

Издание официальное ★ **Перепечатка воспрещена**

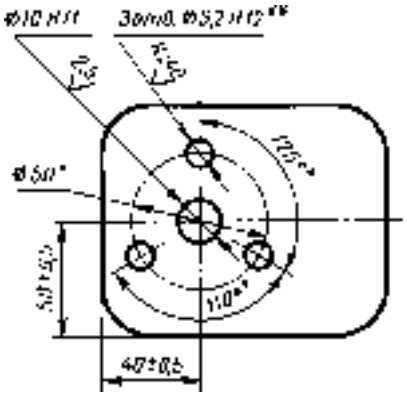
б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок (черт. 2);

в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали (черт. 3);



* Размеры для справок.

Черт. 2



1*. Размеры для справок.

2*. Обработать по сопрягаемой детали (или по дет...).

Черт. 3

г) размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например, ход поршня, ход штока клапана двигателя внутреннего сгорания и т.п.;

д) размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;

е) габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей;

ж) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенным в графе 3 основной надписи.

Примечания:

1. Справочные размеры, указанные в перечислениях *б, в, г, е, ж*, допускается наносить как с предельными отклонениями, так и без них.

2. Установочными и присоединительными называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию.

3. Габаритными называются размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

1.6. На чертежах изделий у размеров, контроль которых технически затруднен, наносят знак «*», а в технических требованиях помещают надпись «Размеры обеспеч. инстр.».

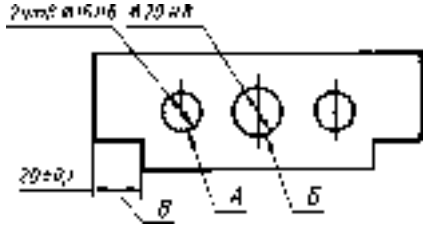
Примечание. Указанная надпись означает, что выполнение заданного чертежом размера с предельным отклонением должно гарантироваться размером инструмента или соответствующим технологическим процессом.

При этом размеры инструмента или технологический процесс проверяются периодически в процессе изготовления изделий.

Периодичность контроля инструмента или технологического процесса устанавливается предприятием-изготовителем совместно с представителем заказчика.

1.7. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации. Исключение составляют справочные размеры, приведенные в п. 1.5, перечислениях *б* и *ж*.

Если в технических требованиях необходимо дать ссылку на размер, нанесенный на изображение, то этот размер или соответствующий элемент обозначают буквой, а в технических требованиях помещают запись, аналогичную приведенной на черт. 4.



1. Допуск параллельности осей отв. *А* и *Б* — 0,05 мм.

2. Разность размеров *В* с обеих сторон — более 0,1 мм.

Черт. 4

На строительных чертежах размеры допускается повторять.

1.5—1.7. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.8. Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах и в спецификациях указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения.

Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения.

(Измененная редакция, Изм. № 3).

1.9. Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, а в других единицах измерения (сантиметрах, метрах и т.д.), то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы измерения (см, м) или указывают их в технических требованиях.

На строительных чертежах единицы измерения в этих случаях допускается не указывать, если они оговорены в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.10. Угловые размеры и предельные отклонения угловых размеров указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например: 4 °; 4 °30′; 12 °45′30″; 0 °30′40″; 0 °18′; 0 °5′25″; 0 °0′30″; 30 °±1 °; 30 °±10′.

1.11. Для размерных чисел применять простые дроби не допускается, за исключением размеров в дюймах.

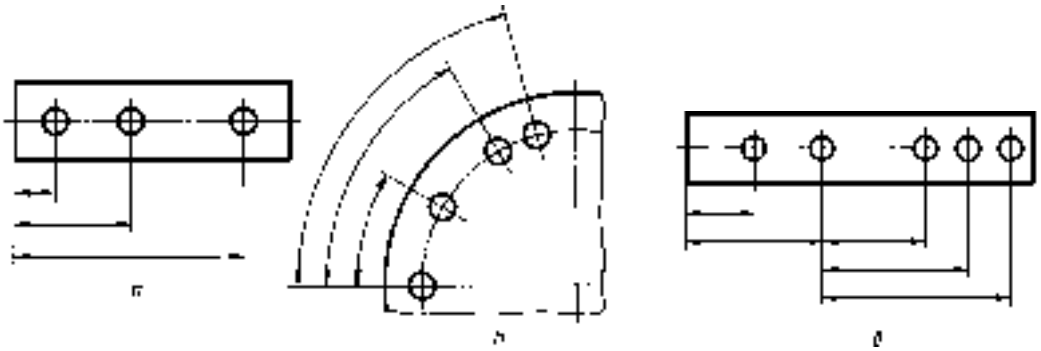
1.12. Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, проставляют, как правило, от конструктивных без с учетом возможностей выполнения и контроля этих размеров.

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

от общей базы (поверхности, оси) — по черт. 5*а* и *б*;

заданием размеров нескольких групп элементов от нескольких общих баз — по черт. 5*в*;

заданием размеров между смежными элементами (цепочкой) — по черт. 6.



Черт. 5

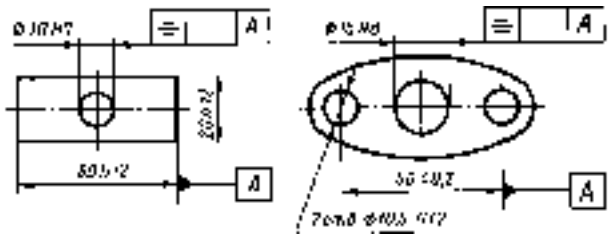


Черт. 6

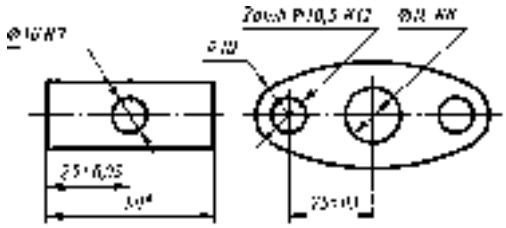
1.14. Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (см. черт. 1).

На строительных чертежах размеры наносят в виде замкнутой цепи, кроме случаев, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят, как показано на черт. 7 и 8.



Черт. 7



* Размеры для справок.

Черт. 8

(Измененная редакция, Изм. № 2).

1.15. Для всех размеров, нанесенных на рабочих чертежах, указывают предельные отклонения.

Допускается не указывать предельные отклонения:

а) для размеров, определяющих зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, отделки, накатки, насечки, а также диаметры накатанных и насеченных поверхностей. В этих случаях непосредственно у таких размеров наносят знак ≈ ;

б) для размеров деталей изделий единичного производства, задаваемых с припуском на пригонку.

На таких чертежах в непосредственной близости от указанных размеров наносят знак «*», а в технических требованиях указывают:

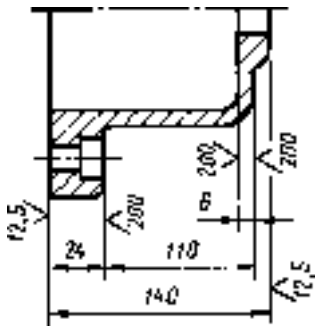
«* Размеры с припуском на пригонку по дет. ...»,

«* Размеры с припуском на пригонку по черт. ...»,

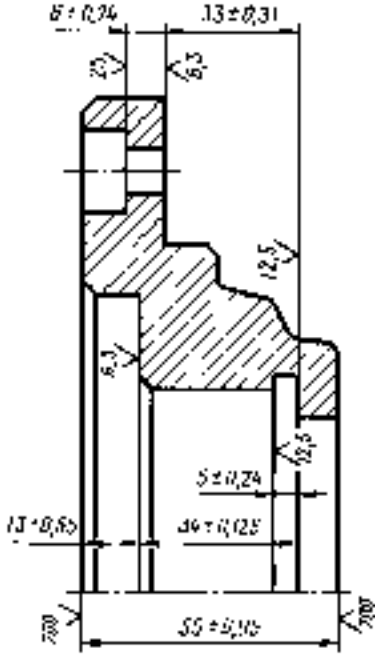
«* Размеры с припуском на пригонку по сопрягаемой детали».

На строительных чертежах предельные отклонения размеров указывают только в случаях, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.16. При выполнении рабочих чертежей деталей, изготовляемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверхности детали, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке (черт. 9 и 10).



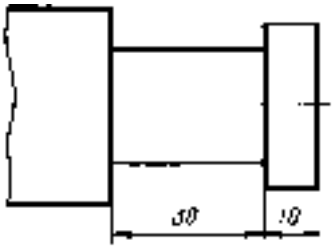
Черт. 9



Черт. 10

(Измененная редакция, Изм. № 2).

1.17. Если элемент изображен с отступлением от масштаба изображения, то размерное число следует подчеркнуть (черт. 10*а*).



Черт. 10а

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

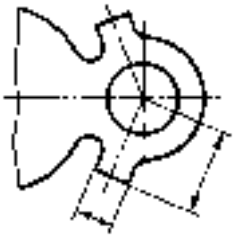
2. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

2.1. Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.

2.2. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным (черт. 11).

2.3. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — радиально (черт. 12).

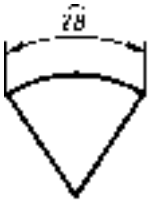
2.4. При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии — параллельно биссектрисе угла, и над размерным числом наносят знак «⌒» (черт. 13).



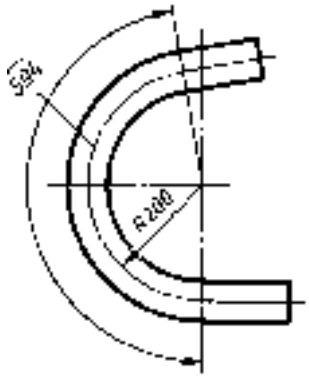
Черт. 11



Черт. 12



Черт. 13



Черт. 14

Допускается располагать выносные линии размера дуги радиально, и, если имеются еще концентричные дуги, необходимо указывать, к какой дуге относится размер (черт. 14).

2.4а. При нанесении размеров деталей, подобных изображенной на черт. 14*а*, размерные линии следует проводить в радиусном направлении, а выносные — по дугам окружностей (черт. 14*а*).

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

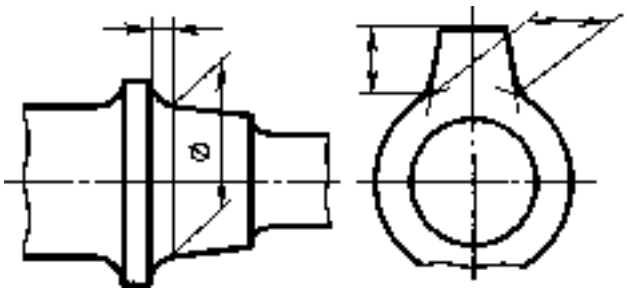
2.5. Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии, кроме случаев, приведенных в пп. 2.16, 2.17, 2.20 и 2.21, и при нанесении линии радиуса, ограниченной стрелкой со стороны определяемой дуги или скругления.

На строительных чертежах взамен стрелок допускается применять засечки на пересечении размерных и выносных линий, при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1...3 мм.



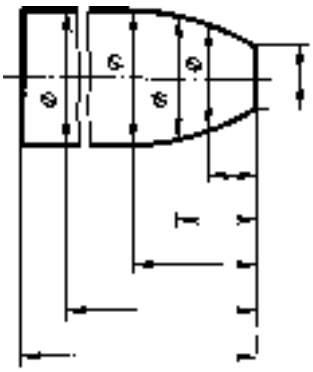
Черт. 14а

2.6. В случаях, показанных на черт. 15, размерную и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм.

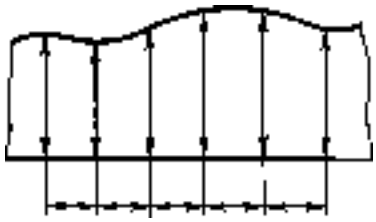


Черт. 15

2.7. Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям (черт. 16 и 17).



Черт. 16



Черт. 17

2.8. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.

2.9. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм.

2.10. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа.

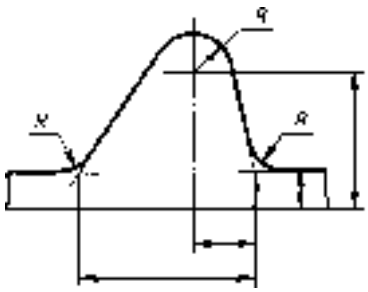
(Измененная редакция, Изм. № 2).

2.11. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий (см. черт. 16).

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

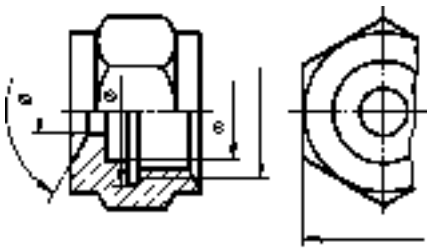
2.13. Выносные линии проводят от линий видимого контура, за исключением случаев, указанных в пп. 2.14 и 2.15, и случаев, когда при нанесении размеров на невидимом контуре отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения.

2.14. Размеры контура криволинейного профиля наносят, как показано на черт. 16 и 17.



Черт. 18

2.15. Если надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги скругления, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла или центра дуги скругления (черт. 18).



Черт. 19

2.16. Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (черт. 19).



Черт. 20

На строительных чертежах в подобных случаях все размеры допускается указывать только до оси симметрии, а размерные линии на пересечении с осью симметрии ограничивать крестиком из засечек.

2.17. Размерные линии допускается проводить с обрывом в следующих случаях:

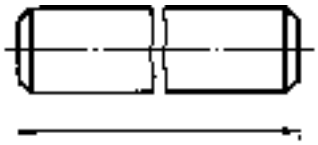
а) при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично; при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (черт. 20);

б) при нанесении размеров от базы, не изображенной на данном чертеже (черт. 21).

2.18. При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (черт. 22).



Черт. 21

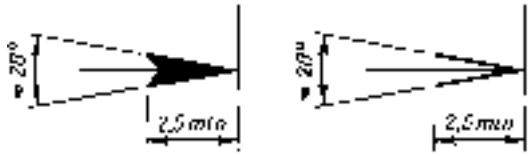


Черт. 22

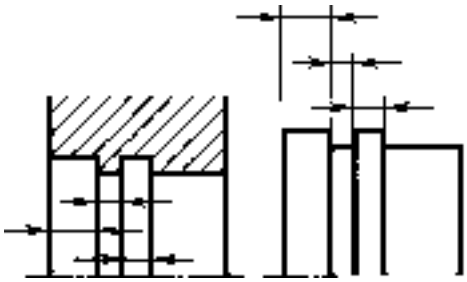
2.19. Величины элементов стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их приблизительно одинаковыми на всем чертеже. Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на черт. 23.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

2.20. Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или соответственно за контурные, осевые, центровые и т.д.) и стрелки наносят, как показано на черт. 24.



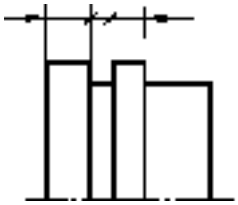
Черт. 23



Черт. 24

2.21. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45 ° к размерным линиям (черт. 25); или четко наносимыми точками (черт. 26).

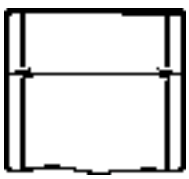
2.22. При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (черт. 24 и 27).



Черт. 25

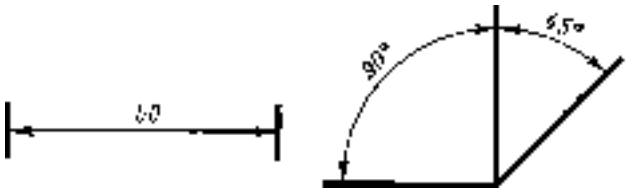


Черт. 26



Черт. 27

2.23. Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине (черт. 28).



Черт. 28

2.24. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий.

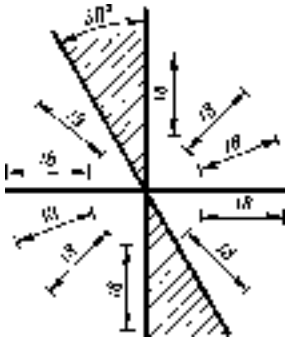
2.25. При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (черт. 29).



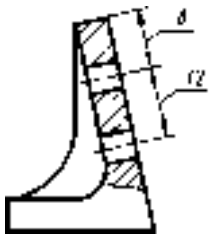
Черт. 29

2.26. Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на черт. 30.

Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (черт. 31).



Черт. 30

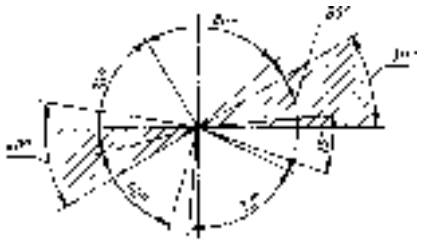


Черт. 31

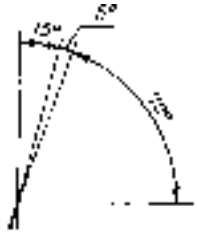
2.27. Угловые размеры наносят так, как показано на черт. 32. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии — со стороны вогнутости размерных линий. В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках.

Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне (черт. 33).

2.28. На строительных чертежах допускается линейные и угловые размерные числа и надписи наносить без полок линий-выносок.



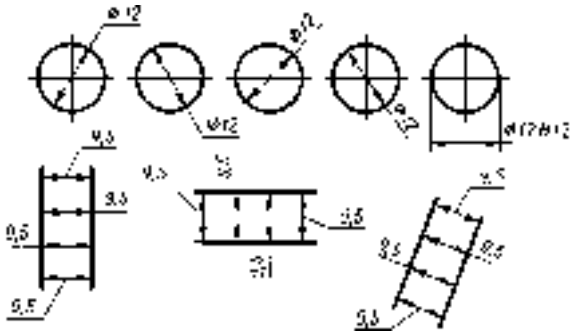
Черт. 32



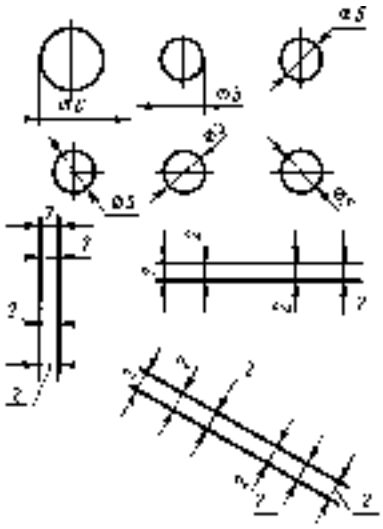
Черт. 33

2.29. Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на черт. 34; если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на черт. 35.

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



Черт. 34

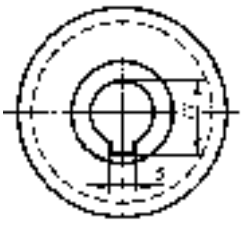


Черт. 35

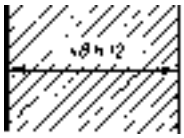
2.30. Размерные числа и предельные отклонения не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают (черт. 36 и 37).

2.29, 2.30. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

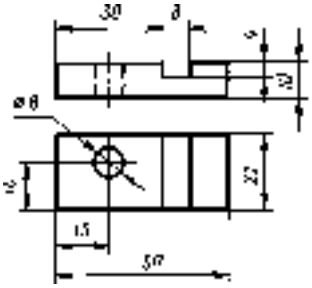
2.31. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.п.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (черт. 38).



Черт. 36



Черт. 37



Черт.38

2.32. При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R*.

2.33. Если при нанесении размера радиуса дуги окружности необходимо указать размер, определяющий положение ее центра, то последний изображают в виде пересечения центровых или выносных линий.

При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге, в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90 ° (черт. 39).

2.34. Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра (черт. 40).



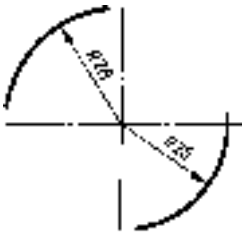
Черт. 39



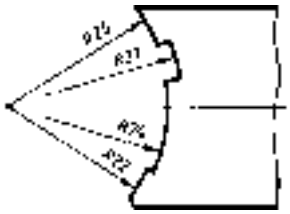
Черт. 40

2.35. При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой (черт. 41).

При совпадении центров нескольких радиусов их размерные линии допускается не доводить до центра, кроме крайних (черт. 41*а*).

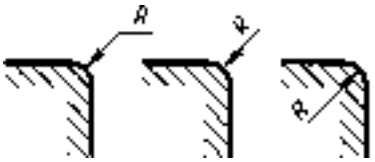


Черт. 41



Черт. 41а

2.36. Размеры радиусов наружных скруглений наносят, как показано на черт. 42, внутренних скруглений — на черт. 43.



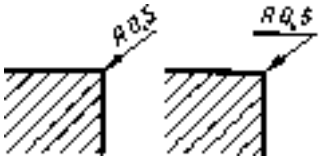
Черт. 42



Черт. 43

Радиусы скругления, размер которых в масштабе чертежа 1 мм и менее, на чертеже не изображают и размеры их наносят, как показано на черт. 43*а*.

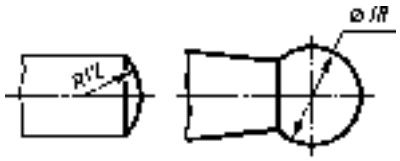
Способ нанесения размерных чисел при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения. Размеры одинаковых радиусов допускается указывать на общей полке, как показано на черт. 43*б*.



Черт. 43а



Черт. 43б



Черт. 44

Если радиусы скруглений, сгибов и т.п. на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображении рекомендуется в технических требованиях делать запись типа: «Радиусы скруглений 4 мм»; «Внутренние радиусы сгибов 10 мм»; «Неуказанные радиусы 8 мм» и т.п.

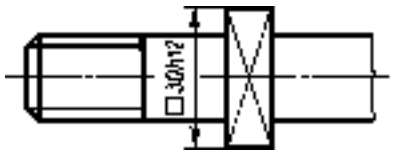
2.35, 2.36. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.37. При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак «∅».

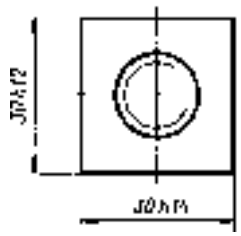
2.38. Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы также наносят знак ∅ (*R*) без надписи «Сфера» (черт. 44). Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово «Сфера» или знак ○, например, «Сфера ∅18, ○ *R*12».

Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже.

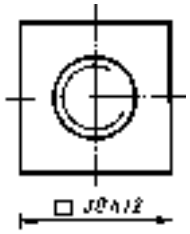
2.39. Размеры квадрата наносят, как показано на черт. 45, 46 и 46*а*.



Черт. 45



Черт. 46

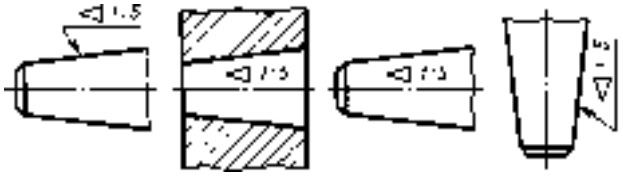


Черт. 46а

Высота знака □ должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже.

2.38, 2.39. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

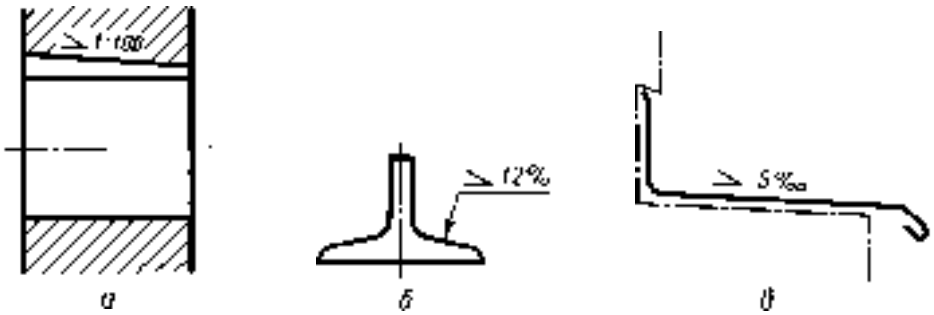
2.40. Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак « ◁ », острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса (черт. 47).



Черт. 47

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

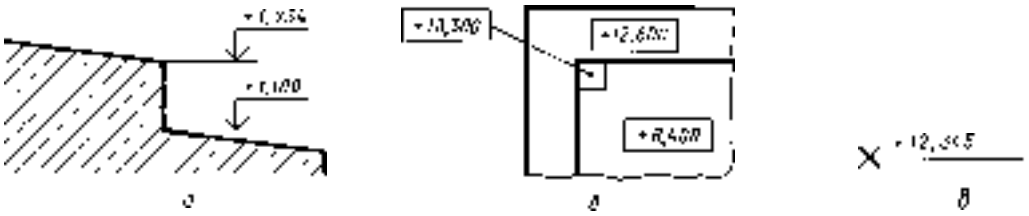
2.41. Уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения (черт. 48*а*), в процентах (черт. 48*б*) или в промилле (черт. 48*в*). Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак «>», острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.



а *б* *в*

Черт. 48

2.42. Отметки уровней (высоты, глубины) конструкции или ее элемента от какого-либо отсчетного уровня, принимаемого за «нулевой» на виде и разрезе, помещают на выносных линиях (или на линиях контура) и обозначают знаком «↓», выполненным сплошными тонкими линиями, длина штрихов 2—4 мм под углом 45 ° к выносной линии или линии контура (черт. 49*а*), на виде сверху их следует наносить в рамке непосредственно на изображении или на линии-выноске (черт. 49*б*), или как показано на черт. 49*в*.

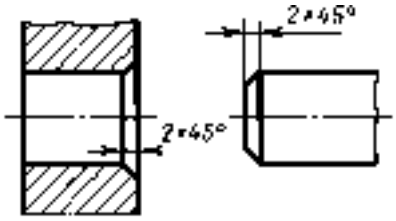


Черт. 49

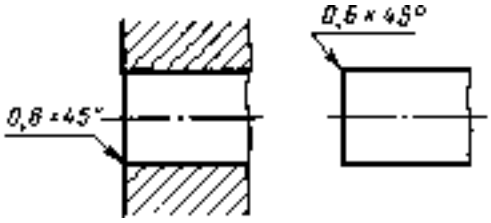
Отметки уровней указывают в метрах с точностью до третьего десятичного знака, без обозначения единицы измерения.

2.43. Размеры фасок под углом 45 ° наносят, как показано на черт. 50.

Допускается указывать размеры не изображенной на чертеже фаски под углом 45 °, размер которой в масштабе чертежа 1 мм и менее, на полке линии-выноски, проведенной от грани (черт. 50*а*).

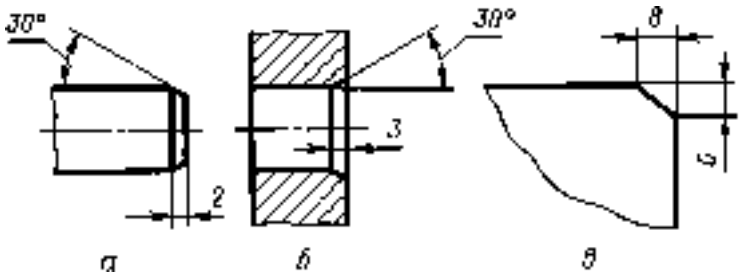


Черт. 50



Черт. 50а

Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейными угловыми размерами (черт. 51*а* и *б*) или двумя линейными размерами (черт. 51*в*).

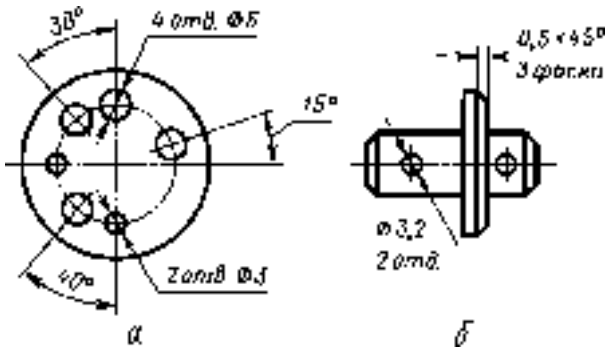


Черт. 51

2.40—2.43. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

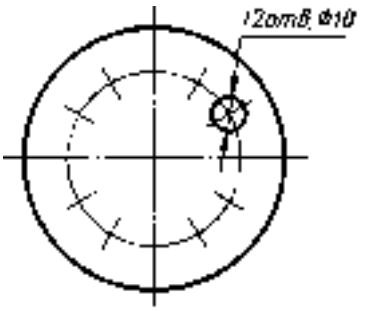
2.44. Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (черт. 52*а*).

Допускается указывать количество элементов, как показано на черт. 52*б*.

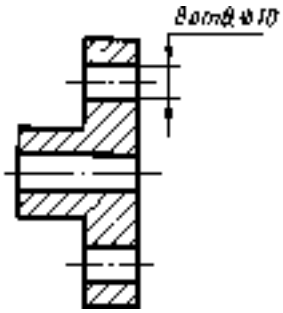


Черт. 52

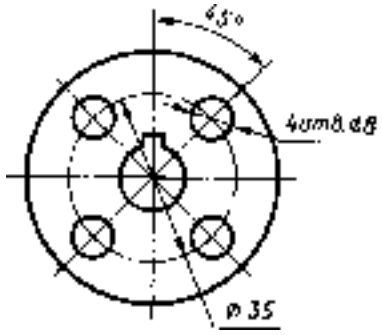
2.45. При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (черт. 53—55).



Черт. 53



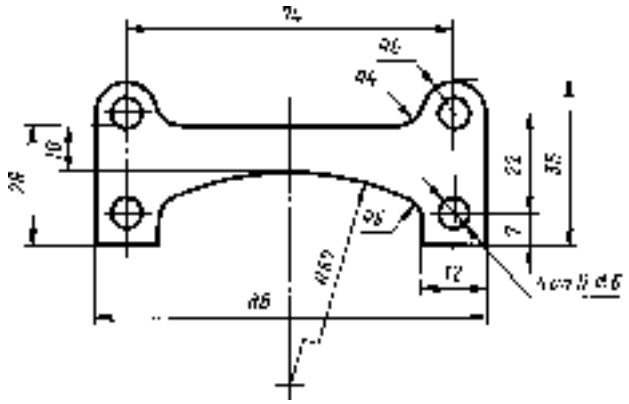
Черт. 54



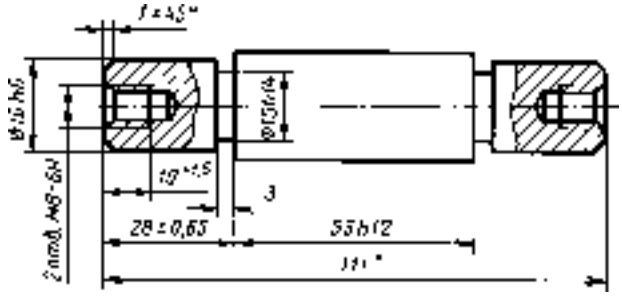
Черт. 55

2.46. Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, в одном месте все размеры (черт. 56 и 57).

Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры — только один раз.



Черт. 56



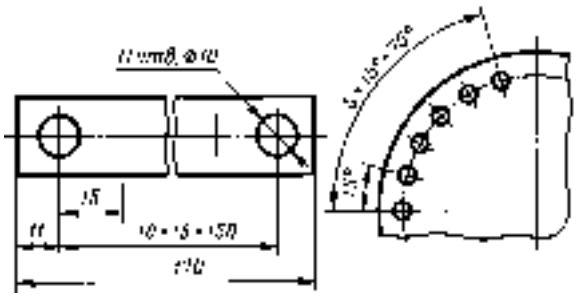
* Размеры для справок.

Черт. 57

(Измененная редакция, Изм. № 2).

2.47. При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например, отверстиями), рекомендуется вместо размерных цепей наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (черт. 58).

2.47а. Допускается не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (черт. 58*а*).



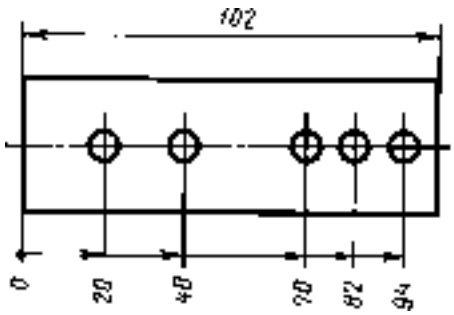
Черт. 58



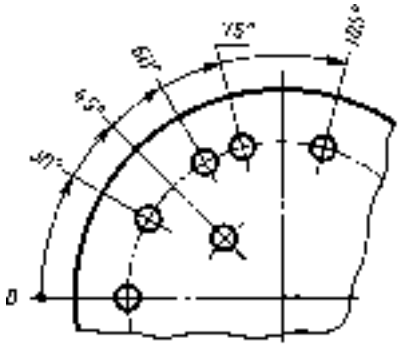
Черт. 58а

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

2.48. При большом количестве размеров, нанесенных от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на черт. 59 и 60, при этом проводят общую размерную линию от отметки «0» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов.

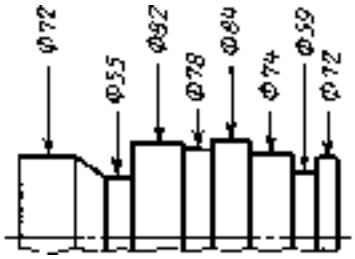


Черт. 59



Черт. 60

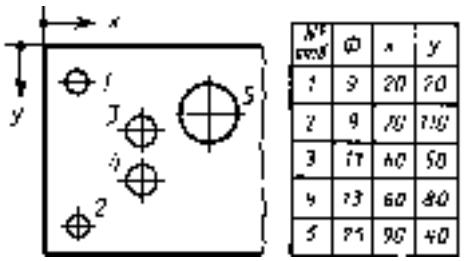
2.48а. Размеры диаметров цилиндрического изделия сложной конфигурации допускается наносить, как показано на черт. 60*а*.



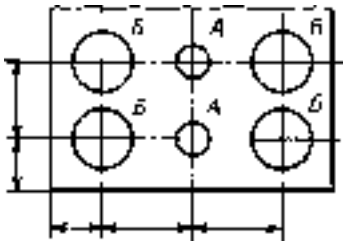
Черт. 60а

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

2.49. При большом количестве однотипных элементов изделия, неравномерно расположенных на поверхности, допускается указывать их размеры в сводной таблице, при этом применяется координатный способ нанесения отверстий с обозначением их арабскими цифрами (черт. 61) или обозначение однотипных элементов прописными буквами (черт. 61*а*).



Черт. 61

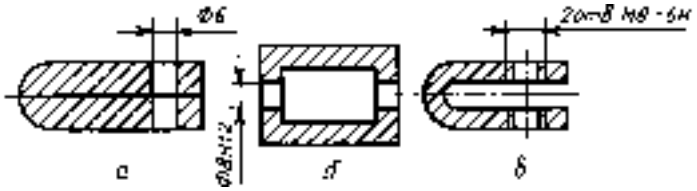


Черт. 61а

Обозначение отверстий	*Кол.*	*Размер, мм*
А	*2*	*3*
Б	*4*	*6,5*

2.50. Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например, отверстия), рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка (черт. 62*а*) или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (черт. 62*б*).

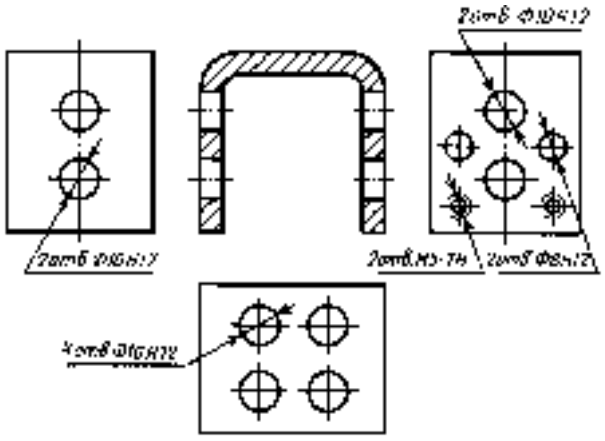
При отсутствии этих условий указывают полное количество элементов (черт. 62*в*).



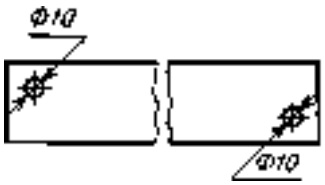
Черт. 62

2.51. Если одинаковые элементы изделия (например, отверстия) расположены на разных поверхностях и показаны на разных изображениях, то количество этих элементов записывают отдельно для каждой поверхности (черт. 63).

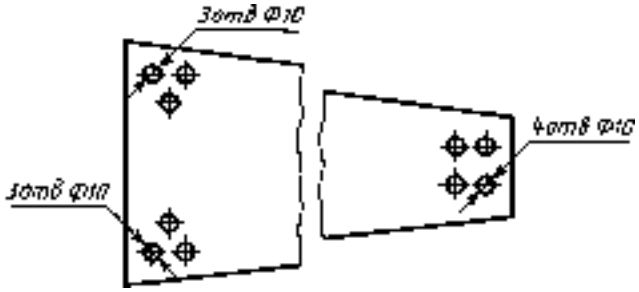
Допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия или их групп (в том числе отверстий), лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не увязаны между собой размерами (черт. 64 и 65).



Черт. 63



Черт. 64



Черт. 65

2.49—2.51. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.52. Если на чертеже показано несколько групп близких по размерам отверстий, то рекомендуется отмечать одинаковые отверстия одним из условных знаков, приведенных на черт. 66. Допускается применять и другие условные знаки.

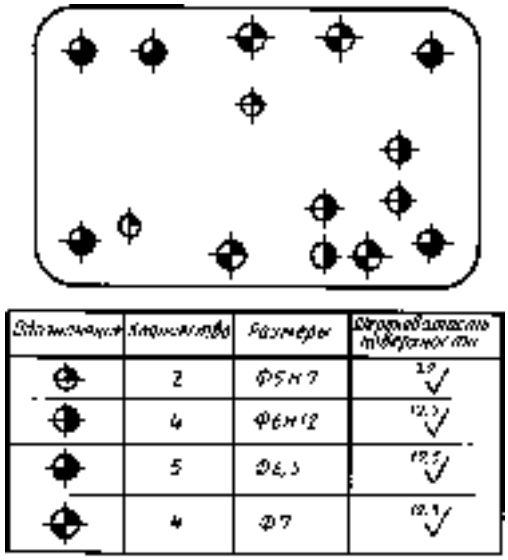


Черт. 66

Отверстия обозначают условными знаками на том изображении, на котором указаны размеры, определяющие положение этих отверстий.

На строительных чертежах допускается одинаковые группы отверстий обводить сплошной тонкой линией с поясняющей надписью.

2.53. При обозначении одинаковых отверстий условными знаками количество отверстий и их размеры допускается указывать в таблице (черт. 67).

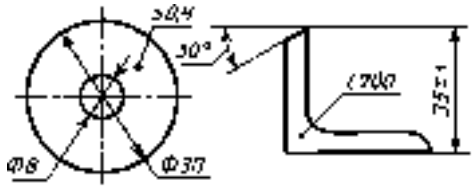


Обозначение	Количество	Размеры	Шероховатость поверхности
⊕	2	Ф5Н7	12,5
◐	4	Ф6Н12	12,5
●	5	Ф6,5	12,5
◓	4	Ф7	12,5

Черт. 67

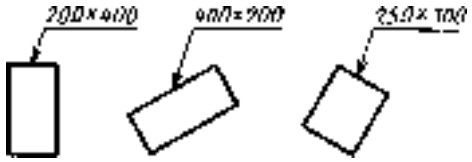
(Измененная редакция, Изм. № 2).

2.54. При изображении детали в одной проекции размер ее толщины или длины наносят, как показано на черт. 68.



Черт. 68

2.55. Размеры детали или отверстия прямоугольного сечения могут быть указаны на полке линии-выноски размерами сторон через знак умножения. При этом на первом месте должен быть указан размер той стороны прямоугольника, от которой проводится линия-выноска (черт. 68*а*).



Черт. 68а

(Измененная редакция, Изм. № 2).

3. НАНЕСЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ

3.1. Предельные отклонения размеров следует указывать непосредственно после номинальных размеров. Предельные отклонения линейных и угловых размеров относительно низкой точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа при условии, что эта запись однозначно определяет значения и знаки предельных отклонений.

Общая запись о предельных отклонениях размеров с неуказанными допусками должна содержать условные обозначения предельных отклонений линейных размеров в соответствии с ГОСТ 25346 (для отклонений по квалитетам) или по ГОСТ 25670 (для отклонений по классам точности). Симметричные предельные отклонения, назначаемые по квалитетам, следует обозначать $\pm \frac{IT}{2}$ с указанием номера квалитета.

Обозначения односторонних предельных отклонений по квалитетам, назначаемых только для круглых отверстий и валов (вариант 4 по ГОСТ 25670) дополняются знаком диаметра (∅).

Примеры общих записей, соответствующие вариантам по ГОСТ 25670 для 14 квалитета и (или) класса точности «средний», приведены в табл. 1:

Таблица 1

Номер варианта	Пример записи условными обозначениями
1.	$H14,\ h14,\ \pm\frac{t_2}{2}$ или $H14,\ h14,\ \pm\frac{IT14}{2}$
2.	$+t_2,\ -t_2,\ \pm\frac{t_2}{2}$
3.	$\pm\frac{t_2}{2}$ или $\pm\frac{IT14}{2}$
4.	$\varnothing H14,\ \varnothing h14,\ \pm\frac{t_2}{2}$ или $\varnothing H14,\ \varnothing h14,\ \pm\frac{IT14}{2}$

Примечания:

1. Допускается записи о неуказанных предельных отклонениях размеров дополнять поясняющими словами, например, «Неуказанные предельные отклонения размеров $H14,\ h14,\ \pm\frac{t_2}{2}$».

2. Если технические требования на чертеже состоят из одного пункта, содержащего запись о неуказанных предельных отклонениях размеров, или эта запись приводится в текстовых документах, то она должна обязательно сопровождаться поясняющими словами, например, «Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm\frac{t_2}{2}$».

(Измененная редакция, Изм. № 2).

3.1*а*. Неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов не оговариваются отдельно, а должны соответствовать приведенным в ГОСТ 25670 в соответствии с квалитетом или классом точности неуказанных предельных отклонений линейных размеров.

Если все предельные отклонения линейных размеров указаны непосредственно после номинальных размеров (общая запись отсутствует), то неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов должны соответствовать приведенным в ГОСТ 25670 для квалитетов от 12 до 16 и на чертеже не оговариваются.

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

3.2. Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными обозначениями полей допусков в соответствии с ГОСТ 25346, например: 18*H*7, 12*e*8 или числовыми значениями, например: $18^{+0,018}\ 12^{-0,032}_{-0,059}$, или условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках их числовых значений например: $18H7^{(+0,018)}$, $12e8\ (^{-0,032}_{-0,059})$.

Таблица 2

мм

Размер	Пред. откл.
18*H*7	+0,018
12*e*8	—0,032 —0,059

Допускается числовые значения предельных отклонений указывать в таблице (табл. 2), расположенной на свободном поле чертежа.

При указании номинальных размеров буквенными обозначениями поля допусков должны быть указаны после тире, например, *D*—*H*11.

3.3. При указании предельных отклонений условными обозначениями обязательно и указание их числовых значений в следующих случаях:

а) при назначении предельных отклонений (установленных стандартами на допуски и посадки) размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636, например: 41,5 $H7^{(+0,025)}$;

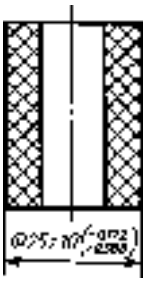
б) при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены в ГОСТ 25347, например, для пластмассовой детали с предельными отклонениями по ГОСТ 25349 (черт. 69);

в) при назначении предельных отклонений размеров уступов с несимметричным полем допуска (черт. 70, 71);

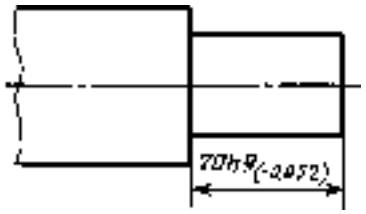
г) **(Исключен, Изм. № 2).**

3.4. Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями (черт. 72).

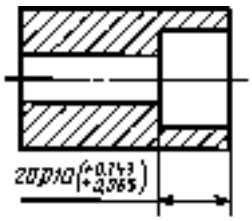
3.5. При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние отклонения помещают над нижними. Предельные отклонения, равные нулю, не указывают, например: $60^{+0,014}_{-0,032}$; $60^{-0,100}_{-0,174}$; $60^{+0,19}$; $60_{-0,19}$.



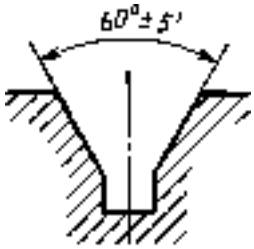
Черт. 69



Черт. 70



Черт. 71



Черт. 72

При симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонений указывают один раз со знаком ±; при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера, например: 60±0,23.

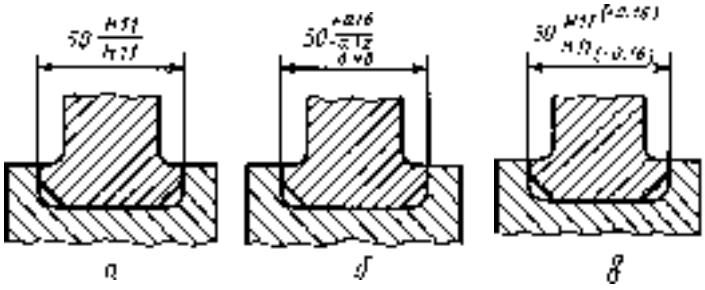
3.6. Предельные отклонения, указываемые числовыми значениями, выраженными десятичной дробью, записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая количество знаков в верхнем и нижнем отклонении добавлением нулей,например: $10^{+0,15}_{-0,30}$; $35^{-0,080}_{-0,142}$.

3.7. Предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в сборе, указывают одним из следующих способов:

а) в виде дроби, в числителе которой указывают условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала, например: $50\frac{H11}{h11}$ или $50H11/h11$ (черт. 73*а*);

б) в виде дроби, в числителе которой указывают числовые значения предельных отклонений отверстия, а в знаменателе — числовые значения предельных отклонений вала (черт. 73*б*);

$б_1$) в виде дроби, в числителе которой указывают условное обозначение поля допуска отверстия с указанием справа в скобках его числового значения, а в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала с указанием справа в скобках его числового значения (черт. 73*в*);

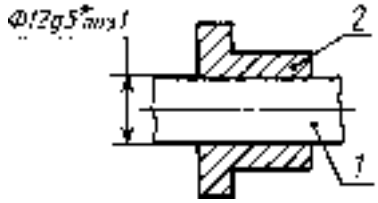


Черт. 73

в) в виде записи, в которой указывают предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей. В этом случае необходимо пояснить, к какой детали относятся эти отклонения (черт. 74).

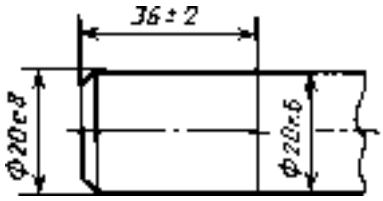
3.8. Когда для участков поверхности с одним номинальным размером назначают разные предельные отклонения, границу между ними наносят сплошной тонкой линией, а номинальный размер указывают с соответствующими предельными отклонениями для каждого участка отдельно (черт. 75).

Через заштрихованную часть изображения линию границы между участками проводить не следует (черт. 75*а*).

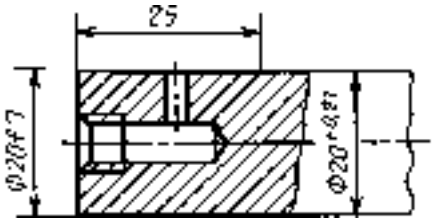


* Размеры для справок.

Черт. 74



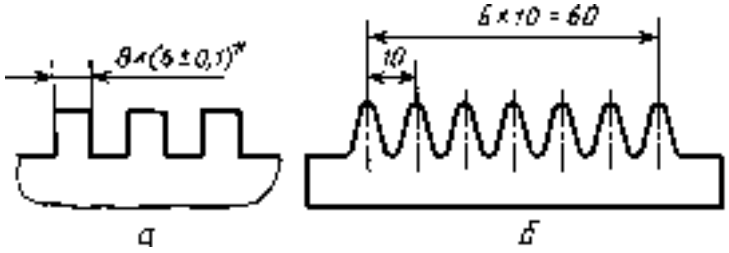
Черт. 75



Черт. 75а

3.2—3.8. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

3.9. Если необходимо ограничить колебания размера одинаковых элементов одной детали в пределах части поля допуска (черт. 76*а*) или необходимо ограничить величину накопленной погрешности расстояния между повторяющимися элементами (черт. 76*б*), то эти данные указывают в технических требованиях.

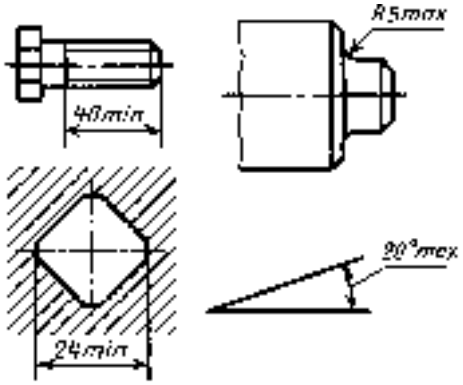


* Разность размеров 0,1 мм.

Предельные отклонения расстояния между любыми несмежными зубьями ±0,1 мм.

Черт. 76

3.10. Когда необходимо указать только один предельный размер (второй ограничен в сторону увеличения или уменьшения каким-либо условием), после размерного числа указывают соответственно max или min (черт. 77).



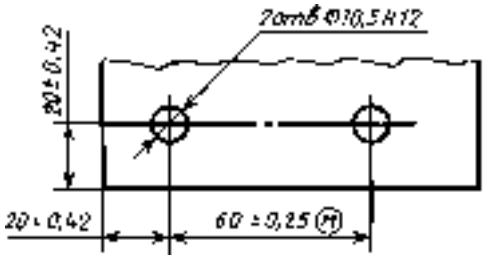
Черт. 77

Указывать предельные размеры допускается также на сборочных чертежах для зазоров, натягов, мертвых ходов и т.п., например: «Осевое смещение кулачка выдержать в пределах 0,6—1,4 мм».

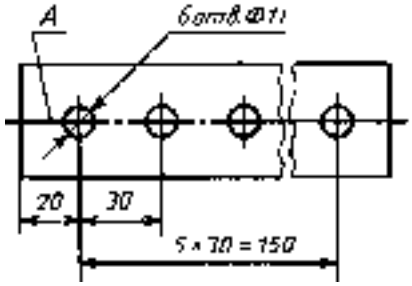
3.11. Предельные отклонения расположения осей отверстий можно указывать двумя способами:

а) позиционными допусками осей отверстий в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308;

б) предельными отклонениями размеров, координирующих оси (черт. 78—80).



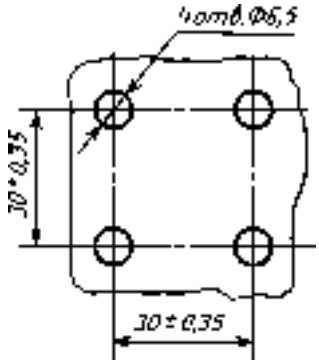
Черт. 78



1. Предельные отклонения размеров между осями двух любых отв. ±0,35 мм.

2. Смещение осей от плоскости А не более 0,18 мм.

Черт. 79



Предельные отклонения размеров по диагонали между осями двух любых отв. ±0,5 мм.

Черт. 80

Если допуски расположения осей зависимые, то после предельных отклонений размеров, координирующих оси, следует указывать знак зависимого допуска Ⓜ.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.

3. ВЗАМЕН ГОСТ 3458—59, ГОСТ 9171—59, ГОСТ 5292—60 в части разд. III

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, перечисления
ГОСТ 2.308—79	3.11, перечисление а
ГОСТ 2.414—75	1.1
ГОСТ 2.417—91	1.1
ГОСТ 2.419—68	1.1
ГОСТ 6636—69	3.3, перечисление а
ГОСТ 25346—89	3.1, 3.2
ГОСТ 25347—82	3.3, перечисление б
ГОСТ 25349—88	3.3, перечисление б
ГОСТ 25670—83	3.1, 3.1а

5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 2, 3, утвержденными в июне 1983 г., сентябре 1987 г. (ИУС 9—83, 12—87)

УДК 744.43:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

УКАЗАНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Unified system for design documentation.
Representation of limits of forms and
surface lay-out on drawings

ГОСТ 2.308—79*

Взамен ГОСТ 2.308—68

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 4 января 1979 г. № 31 срок введения установлен

с 01.01.80

Настоящий стандарт устанавливает правила указания допусков формы и расположения поверхностей на чертежах изделий всех отраслей промышленности.

Термины и определения допусков формы и расположения поверхностей — по ГОСТ 24642—81.

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей — по ГОСТ 24643—81.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 368—76.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями.

Вид допуска формы и расположения поверхностей должен быть обозначен на чертеже знаками (графическими символами), приведенными в таблице.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

* *Издание (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в августе 1984 г. (ИУС 12—84)*

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения Допуск торцового биения Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
	Допуск полного торцового биения	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	

Формы и размеры знаков приведены в приложении 1.

Примеры указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей приведены в приложении 2.

Примечание. Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков в следующей последовательности: знак допуска расположения, знак допуска формы.

Например:

 — знак суммарного допуска параллельности и плоскостности;

 — знак суммарного допуска перпендикулярности и плоскостности;

 — знак суммарного допуска наклона и плоскостности.

1.2. Допуск формы и расположения поверхностей допускается указывать текстом в технических требованиях, как правило, в том случае, если отсутствует знак вида допуска.

1.3. При указании допуска формы и расположения поверхностей в технических требованиях текст должен содержать:

вид допуска;

указание поверхности или другого элемента, для которого задается допуск (для этого используют буквенное обозначение или конструктивное наименование, определяющее поверхность);

числовое значение допуска в миллиметрах;

указание баз, относительно которых задается допуск (для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения);

указание о зависимых допусках формы или расположения (в соответствующих случаях).

1.4. При необходимости нормирования допусков формы и расположения, не указанных на чертеже числовыми значениями и не ограничиваемых другими указанными в чертеже допусками формы и расположения, в технических требованиях чертежа должна быть приведена общая запись о неуказанных допусках формы и расположения со ссылкой на ГОСТ 25069—81 или другие документы, устанавливающие неуказанные допуски формы и расположения.

Например: 1. Неуказанные допуски формы и расположения — по ГОСТ 25069—81.

2. Неуказанные допуски соосности и симметричности — по ГОСТ 25069—81.

(Введен дополнительно, Изм. № 1).

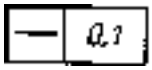
2. НАНЕСЕНИЕ ОБОЗНАЧЕНИЙ ДОПУСКОВ

2.1. При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более части (черт. 1, 2), в которых помещают:

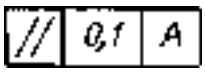
в первой — знак допуска по таблице;

во второй — числовое значение допуска в миллиметрах;

в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз) или буквенное обозначение поверхности, с которой связан допуск расположения (пп. 3.7; 3.9).



Черт. 1



Черт. 2

2.2. Рамки следует выполнять сплошными тонкими линиями. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел.

Графическое изображение рамки приведено в приложении 1.

2.3. Рамку располагают горизонтально. В необходимых случаях допускается вертикальное расположение рамки.

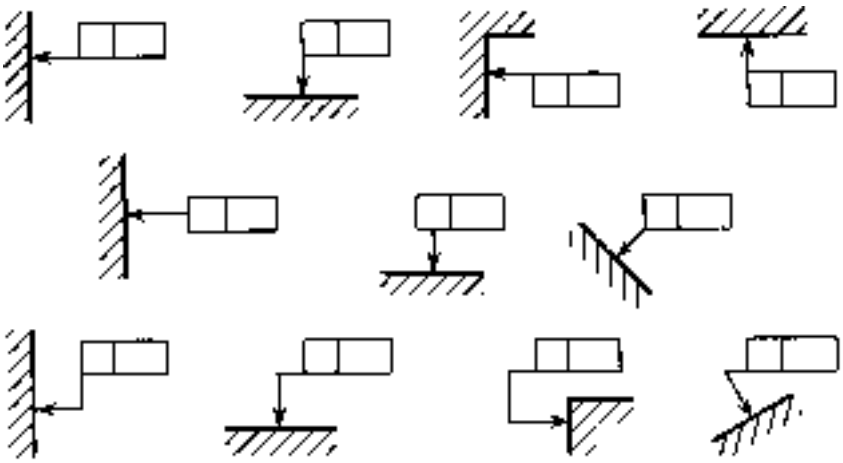
Не допускается пересекать рамку какими-либо линиями.

2.4. Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой (черт. 3).



Черт. 3

Соединительная линия может быть прямой или ломаной, но направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать направлению измерения отклонения. Соединительную линию отводят от рамки, как показано на черт. 4.



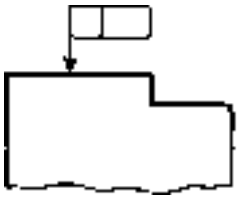
Черт. 4

В необходимых случаях допускается:
проводить соединительную линию от второй (последней) части рамки (черт. 5*а*);
заканчивать соединительную линию стрелкой и со стороны материала детали (черт. 5*б*).

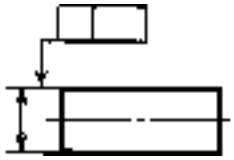


Черт. 5

2.5. Если допуск относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности или ее продолжением, при этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (черт. 6, 7).

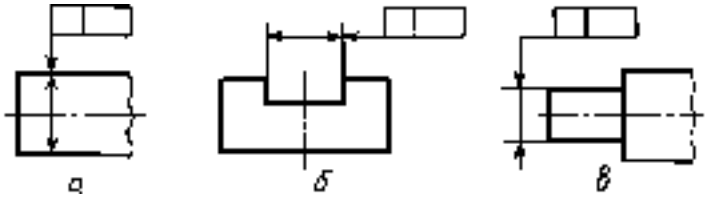


Черт. 6



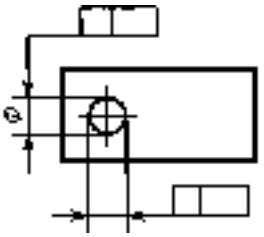
Черт. 7

2.6. Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии (черт. 8*а*, *б*). При недостатке места стрелку размерной линии допускается совмещать со стрелкой соединительной линии (черт. 8*в*).

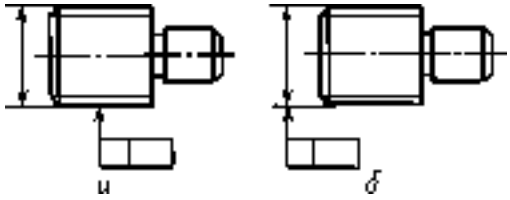


Черт. 8

Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения допуска формы и расположения, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения допуска формы или расположения (черт. 9).



Черт. 9

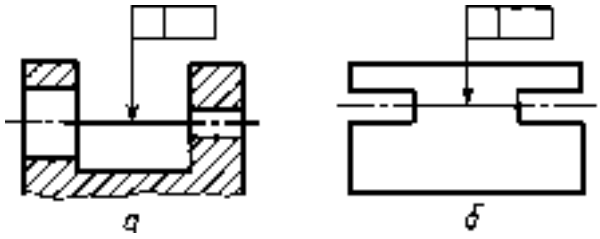


Черт. 10

2.7. Если допуск относится к боковым сторонам резьбы, то рамку соединяют с изображением в соответствии с черт. 10*а*.

Если допуск относится к оси резьбы, то рамку соединяют с изображением в соответствии с черт. 10*б*.

2.8. Если допуск относится к общей оси (плоскости симметрии) и из чертежа ясно, для каких поверхностей данная ось (плоскость симметрии) является общей, то рамку соединяют с осью (плоскостью симметрии) (черт. 11*а, б*).



Черт. 11

2.9. Перед числовым значением допуска следует указывать:

символ ∅, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают диаметром (черт. 12*а*);

символ *R*, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают радиусом (черт. 12*б*);

символ *T*, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда поле позиционного допуска ограничено двумя параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении (черт. 12*в*);

символ *T/2* для тех же видов допусков, если их указывают в радиусном выражении (черт. 12*г*);

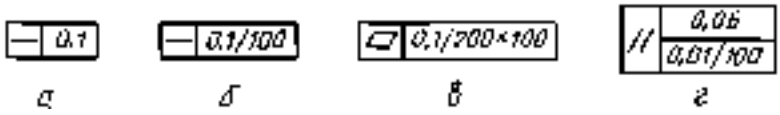
слово «сфера» и символы ∅ или *R*, если поле допуска сферическое (черт. 12*д*).



Черт. 12

2.10. Числовое значение допуска формы и расположения поверхностей, указанное в рамке (черт. 13*а*), относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к любому участку поверхности заданной длины (или площади), то заданную длину (или площадь) указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной линией (черт. 13 *б, в*), которая не должна касаться рамки.

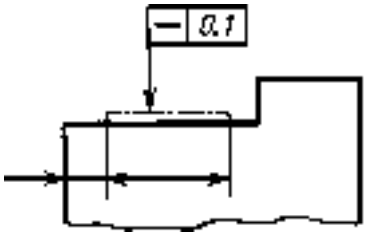
Если необходимо назначить допуск на всей длине поверхности и на заданной длине, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине (черт. 13*г*).



Черт. 13

(Измененная редакция, Изм. № 1).

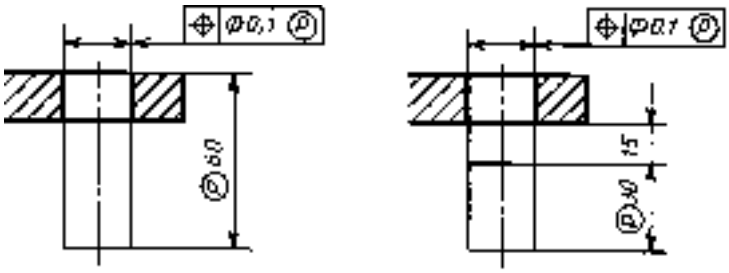
2.11. Если допуск должен относиться к участку, расположенному в определенном месте элемента, то этот участок обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами согласно черт. 14.



Черт. 14

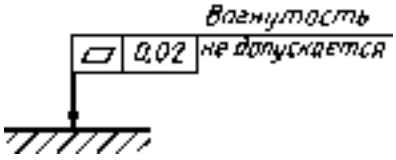
2.12. Если необходимо задать выступающее поле допуска расположения, то после числового значения допуска указывают символ Ⓟ.

Контур выступающей части нормируемого элемента ограничивают тонкой сплошной линией, а длину и расположение выступающего поля допуска — размерами (черт. 15).



Черт. 15

2.13. Надписи, дополняющие данные, приведенные в рамке допуска, следует наносить над рамкой, под ней или как показано на черт. 16.



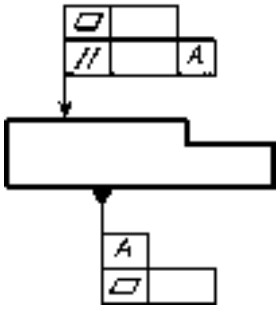
Черт. 16

(Измененная редакция, Изм. № 1).

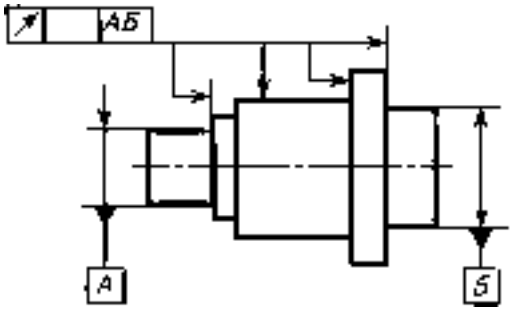
2.14. Если для одного элемента необходимо задать два разных вида допуска, то допускается рамки объединять и располагать их согласно черт. 17 (верхнее обозначение).

Если для поверхности требуется указать одновременно условное обозначение допуска формы или расположения и ее буквенное обозначение, используемое для нормирования другого допуска, то рамки с обоими условными обозначениями допускается располагать рядом на соединительной линии (черт. 17, нижнее обозначение).

2.15. Повторяющиеся одинаковые или разные виды допусков, обозначаемые одним и тем же знаком, имеющие одинаковые числовые значения и относящиеся к одним и тем же базам, допускается указывать один раз в рамке, от которой отходит одна соединительная линия, разветвляемая затем ко всем нормируемым элементам (черт. 18).



Черт. 17



Черт. 18

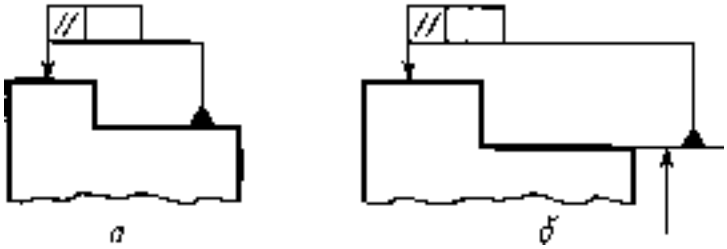
2.16. Допуски формы и расположения симметрично расположенных элементов на симметричных деталях указывают один раз.

3. ОБОЗНАЧЕНИЕ БАЗ

3.1. Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии с рамкой. При выполнении чертежей с помощью выводных устройств ЭВМ допускается треугольник, обозначающий базу, не зачернять.

Треугольник, обозначающий базу, должен быть равносторонним, высотой, приблизительно равной размеру шрифта размерных чисел.

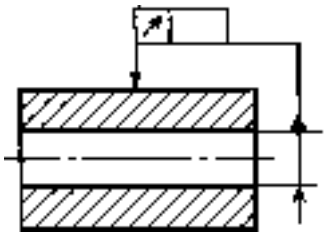
3.2. Если базой является поверхность или ее профиль, то основание треугольника располагают на контурной линии поверхности (черт. 19*а*) или на ее продолжении (черт. 19*б*). При этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии.



Черт. 19

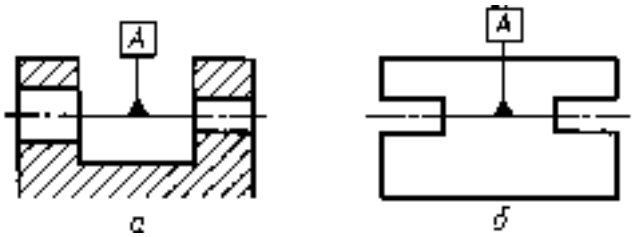
3.3. Если базой является ось или плоскость симметрии, то треугольник располагают на конце размерной линии (черт. 18).

В случае недостатка места стрелку размерной линии допускается заменять треугольником, обозначающим базу (черт. 20).



Черт. 20

Если базой является общая ось (черт. 21*а*) или плоскость симметрии (черт. 21*б*) и из чертежа ясно, для каких поверхностей ось (плоскость симметрии) является общей, то треугольник располагают на оси.

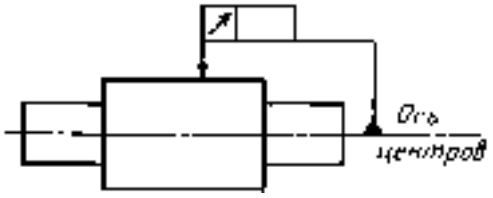


Черт. 21

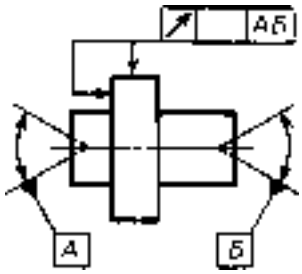
(Измененная редакция, Изм. № 1).

3.4. Если базой является ось центровых отверстий, то рядом с обозначением базовой оси делают надпись «Ось центров» (черт. 22).

Допускается обозначать базовую ось центровых отверстий в соответствии с черт. 23.



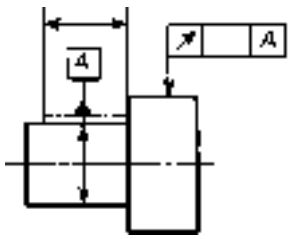
Черт. 22



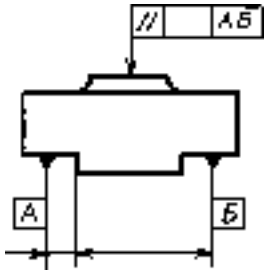
Черт. 23

3.5. Если базой является определенная часть элемента, то ее обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами в соответствии с черт. 24.

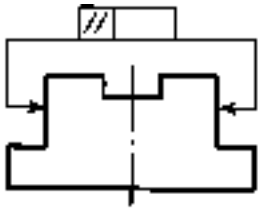
Если базой является определенное место элемента, то оно должно быть определено размерами согласно черт. 25.



Черт. 24



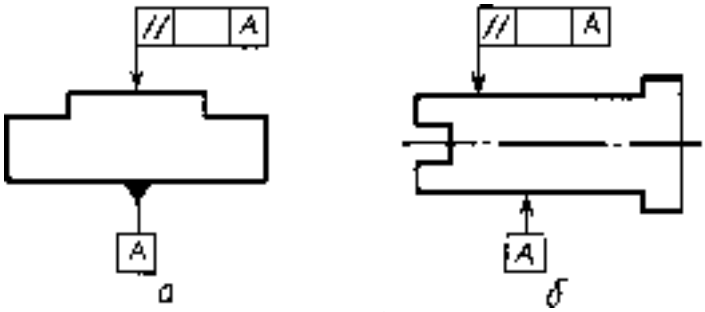
Черт. 25



Черт. 26

3.6. Если нет необходимости выделять как базу ни одну из поверхностей, то треугольник заменяют стрелкой (черт. 26).

3.7. Если соединение рамки с базой или другой поверхностью, к которой относится отклонение расположения, затруднительно, то поверхность обозначают прописной буквой, вписываемой в третью часть рамки. Эту же букву вписывают в рамку, которую соединяют с обозначаемой поверхностью линией, заканчивающейся треугольником, если обозначают базу (черт. 27*а*), или стрелкой, если обозначаемая поверхность не является базой (черт. 27*б*). При этом букву следует располагать параллельно основной надписи.

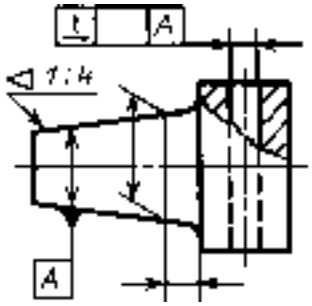


Черт. 27

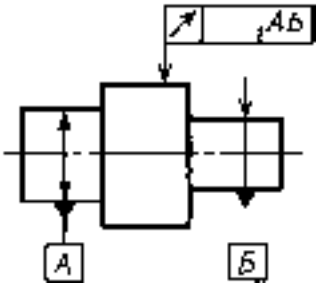
3.8. Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения базы, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения базы (черт. 28).

3.9. Если два или несколько элементов образуют объединенную базу и их последовательность не имеет значения (например, они имеют общую ось или плоскость симметрии), то каждый элемент обозначают самостоятельно и все буквы вписывают подряд в третью часть рамки (черт. 25, 29).

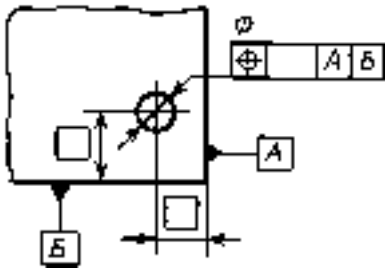
3.10. Если необходимо задать допуск расположения относительно комплекта баз, то буквенные обозначения баз указывают в самостоятельных частях (третьей и далее) рамки. В этом случае базы записывают в порядке убывания числа степеней свободы, лишаемых ими (черт. 30).



Черт. 28



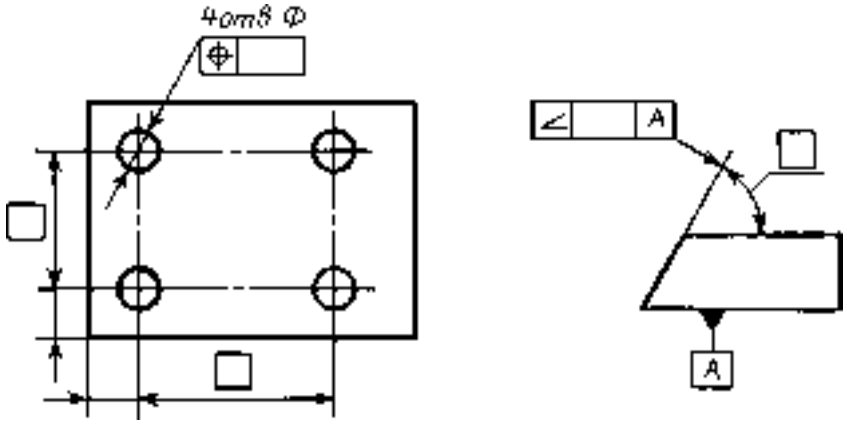
Черт. 29



Черт. 30

4. УКАЗАНИЯ НОМИНАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Линейные и угловые размеры, определяющие номинальное расположение и (или) номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, при назначении позиционного допуска, допуска наклона, допуска формы заданной поверхности или заданного профиля, указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки (черт. 31).



Черт. 31

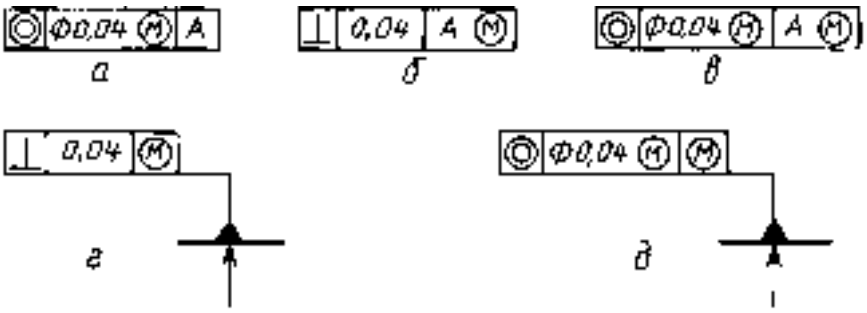
5. ОБОЗНАЧЕНИЕ ЗАВИСИМЫХ ДОПУСКОВ

5.1. Зависимые допуски формы и расположения обозначают условным знаком Ⓜ, который помещают:

после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента (черт. 32*а*);

после буквенного обозначения базы (черт. 32*б*) или без буквенного обозначения в третьей части рамки (черт. 32*г*), если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента;

после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (черт. 32*в*) или без буквенного обозначения (черт. 32*д*), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

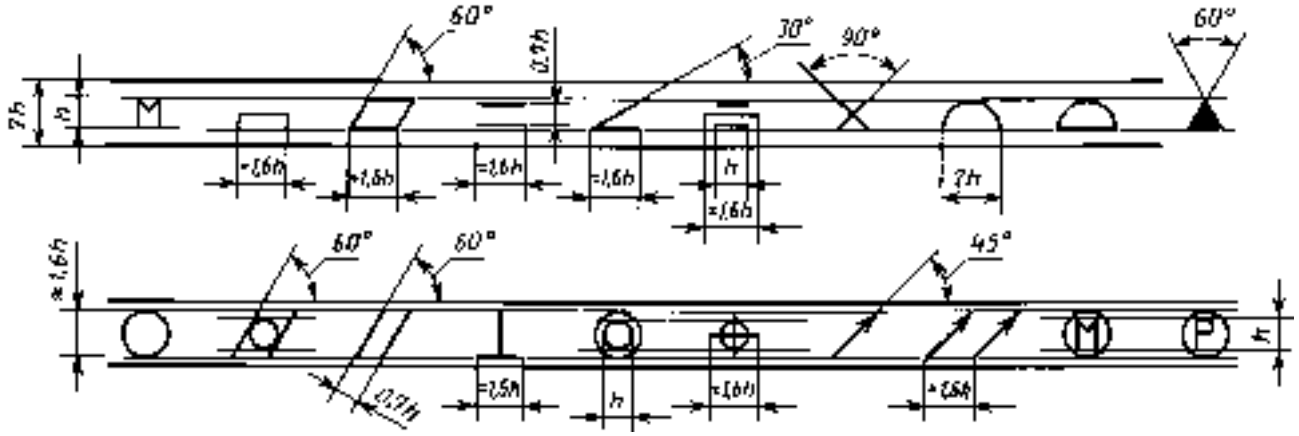


Черт. 32

5.2. Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Обязательное

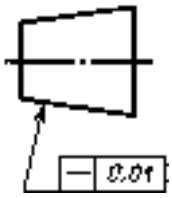
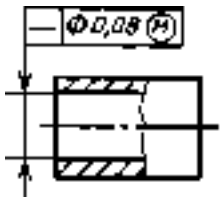
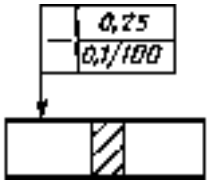
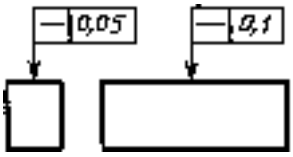
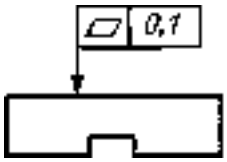
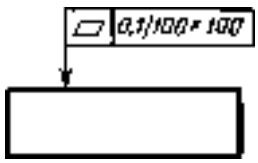
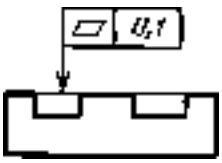
ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗНАКОВ

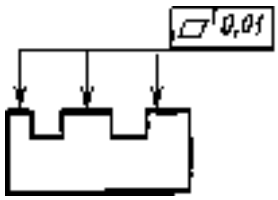
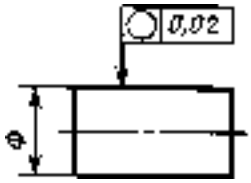
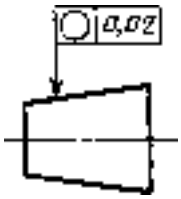
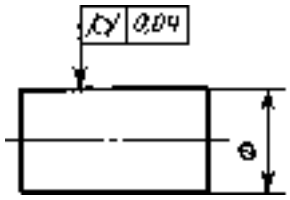
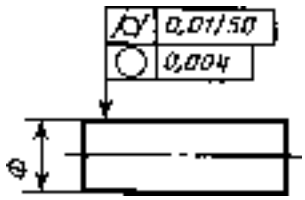
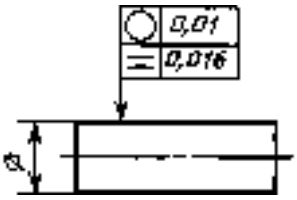
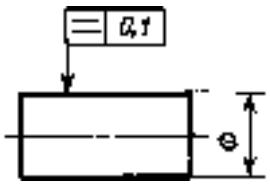


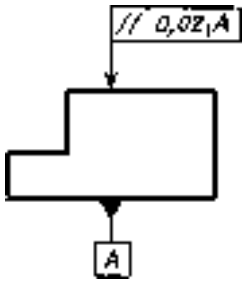
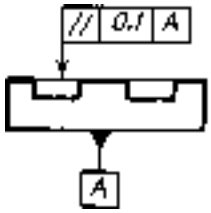
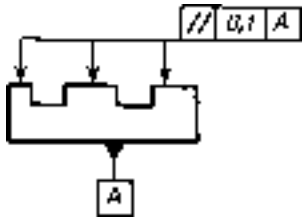
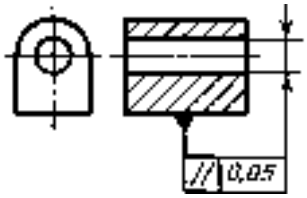
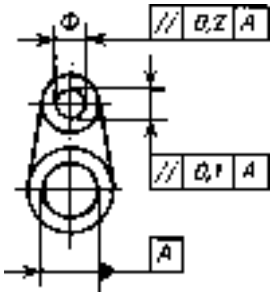
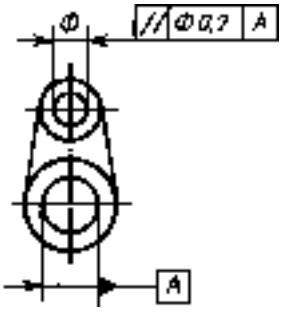


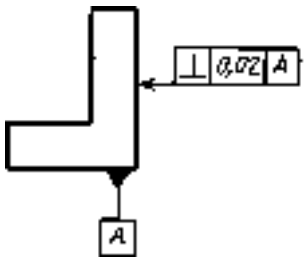
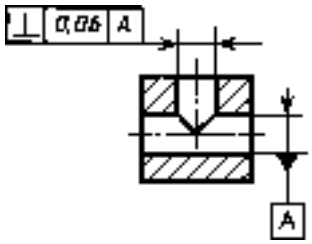
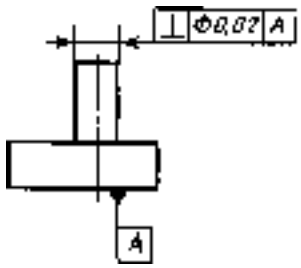
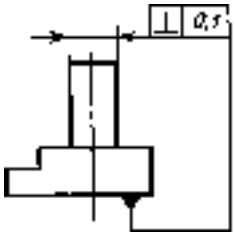
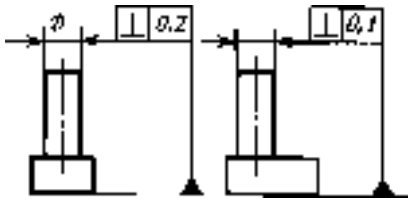
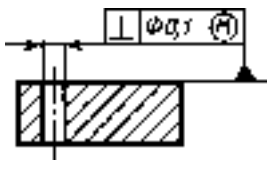
ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

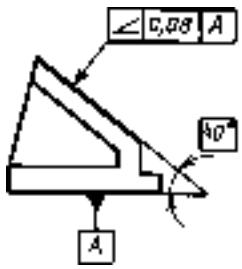
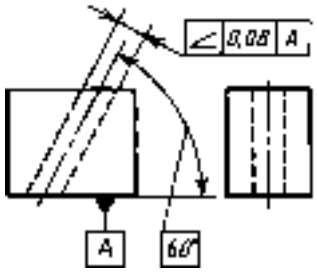
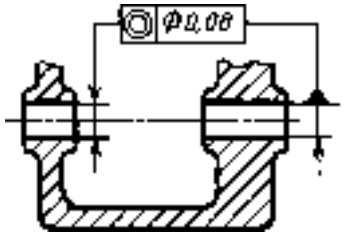
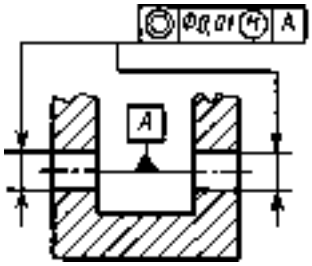
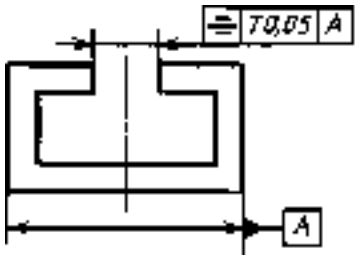
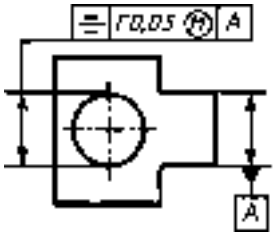
ПРИМЕРЫ УКАЗАНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

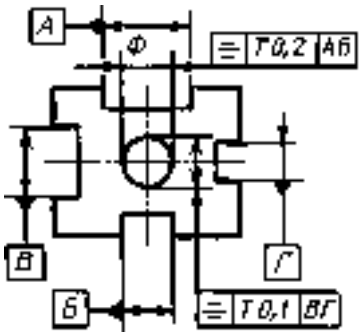
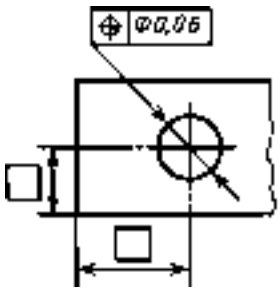
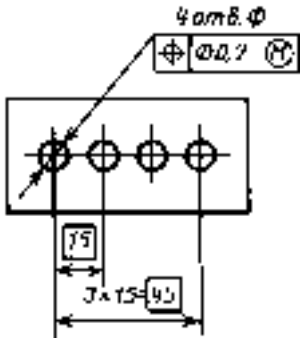
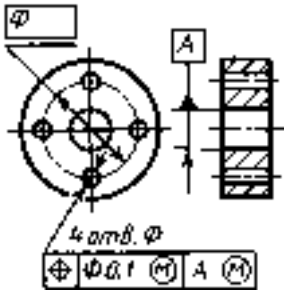
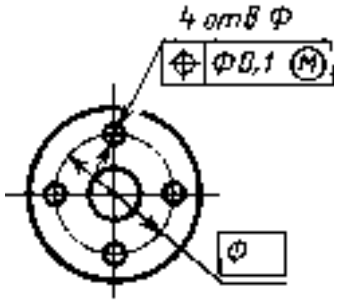
Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
1. Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности образующей конуса 0,01 мм
		Допуск прямолинейности оси отверстия ∅ 0,08 мм (допуск зависимый)
		Допуск прямолинейности поверхности 0,25 мм на всей длине и 0,1 мм на длине 100 мм.
		Допуск прямолинейности поверхности в поперечном направлении 0,05 мм, в продольном направлении 0,1 мм.
2. Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм.
		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм на площади 100 × 100 мм.
		Допуск плоскостности поверхностей относительно общей прилегающей плоскости 0,1 мм.

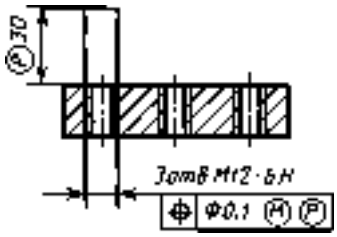
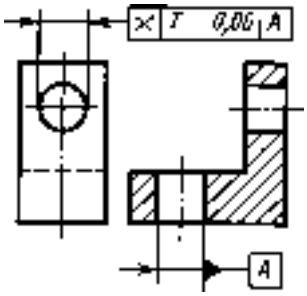
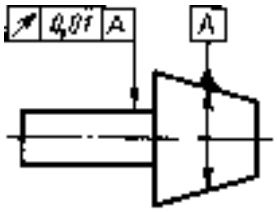
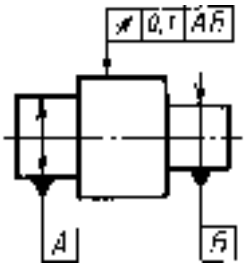
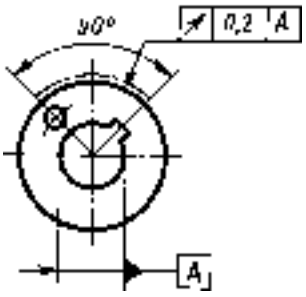
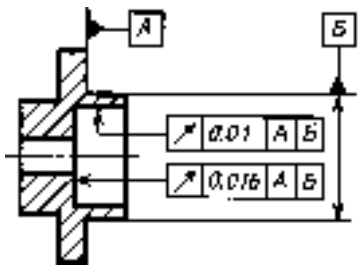
Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
		Допуск плоскостности каждой поверхности 0,01 мм.
3. Допуск круглости		Допуск круглости вала 0,02 мм.
		Допуск круглости конуса 0,02 мм.
4. Допуск цилиндричности		Допуск цилиндричности вала 0,04 мм.
		Допуск цилиндричности вала 0,01 мм на длине 50 мм. Допуск круглости вала 0,004 мм.
5. Допуск профиля продольного сечения		Допуск круглости вала 0,01 мм. Допуск профиля продольного сечения вала 0,016 мм.
		Допуск профиля продольного сечения вала 0,1 мм.

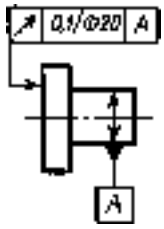
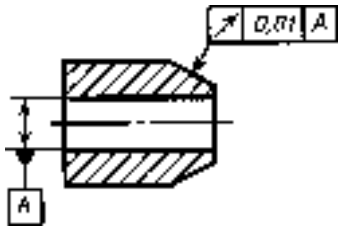
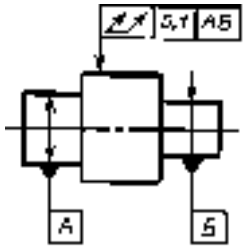
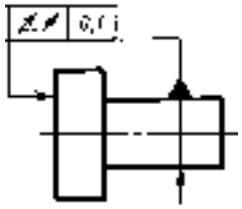
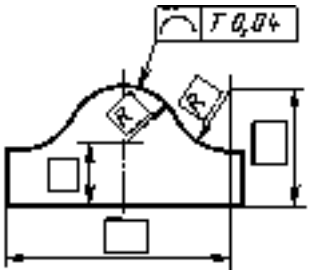
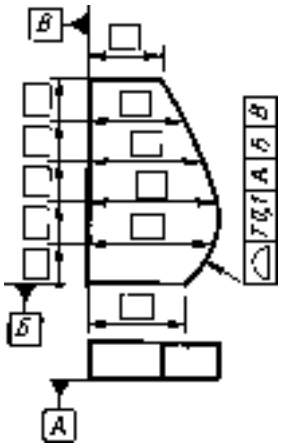
Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
6. Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности относительно поверхности *А* 0,02 мм.
		Допуск параллельности общей прилегающей плоскости поверхностей относительно поверхности *А* 0,1 мм.
		Допуск параллельности каждой поверхности относительно поверхности *А* 0,1 мм.
		Допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм.
		Допуск параллельности осей отверстий в общей плоскости 0,1 мм. Допуск перекоса осей отверстий 0,2 мм. База — ось отверстия *А*.
		Допуск параллельности оси отверстия относительно оси отверстия *А*∅0,2 мм

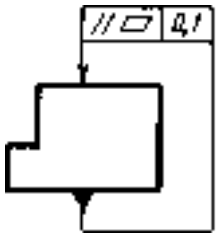
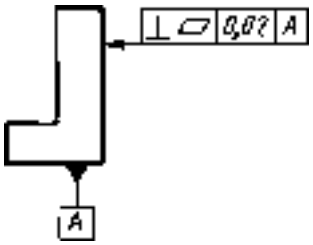
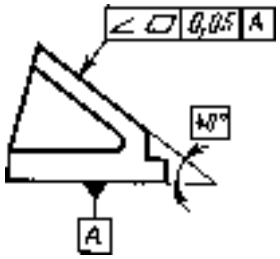
Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
7. Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности *А* 0,02 мм.
		Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно оси отверстия *А* 0,06 мм.
		Допуск перпендикулярности оси выступа относительно поверхности *А*∅0,02 мм.
		Допуск перпендикулярности оси выступа относительно основания 0,1 мм.
		Допуск перпендикулярности оси выступа в поперечном направлении 0,2 мм, в продольном направлении 0,1 мм. База — основание
		Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно поверхности ∅0,1 мм (допуск зависимый).

Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
8. Допуск наклона		Допуск наклона поверхности относительно поверхности *А* 0,08 мм.
		Допуск наклона оси отверстия относительно поверхности *А* 0,08 мм.
9. Допуск соосности		Допуск соосности отверстия относительно отверстия ∅0,08 мм.
		Допуск соосности двух отверстий относительно их общей оси ∅0,01 мм (допуск зависимый).
10. Допуск симметричности		Допуск симметричности паза *Т* 0,05 мм. База — плоскость симметрии поверхностей *А*.
		Допуск симметричности отверстия *Т* 0,05 мм (допуск зависимый). База — плоскость симметрии поверхностей *А*.

Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
		Допуск симметричности оси отверстия относительно общей плоскости симметрии пазов *АБ* *Т* 0,2 мм и относительно общей плоскости симметрии пазов *ВГ* *Т* 0,1 мм.
11. Позиционный допуск		Позиционный допуск оси отверстия ∅0,06 мм.
		Позиционный допуск осей отверстий ∅0,2 мм (допуск зависимый).
		Позиционный допуск осей 4-х отверстий ∅0,1 мм (допуск зависимый). База — ось отверстия *А* (допуск зависимый).
		Позиционный допуск 4-х отверстий ∅0,1 мм (допуск зависимый).

Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
		Позиционный допуск 3-х резьбовых отверстий ∅0,1 мм (допуск зависимый) на участке, расположенном вне детали и выступающем на 30 мм от поверхности.
12. Допуск пересечения осей		Допуск пересечения осей отверстий *Т* 0,06 мм
13. Допуск радиального биения		Допуск радиального биения вала относительно оси конуса 0,01 мм.
		Допуск радиального биения поверхности относительно общей оси поверхностей *А* и *Б* 0,1 мм.
		Допуск радиального биения участка поверхности относительно оси отверстия *А* 0,2 мм
		Допуск радиального биения отверстия 0,01 мм. Первая база — поверхность *А*. Вторая база — ось поверхности *Б*. Допуск торцового биения относительно тех же баз 0,016 мм.

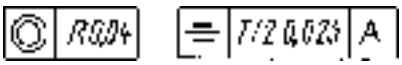
Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
14. Допуск торцового биения		Допуск торцового биения на диаметре 20 мм относительно оси поверхности *А* 0,1 мм.
15. Допуск биения в заданном направлении		Допуск биения конуса относительно оси отверстия *А* в направлении, перпендикулярном к образующей конуса 0,01 мм.
16. Допуск полного радиального биения		Допуск полного радиального биения относительно общей оси поверхностей *А* и *Б* 0,1 мм.
17. Допуск полного торцового биения		Допуск полного торцового биения поверхности относительно оси поверхности 0,1 мм.
18. Допуск формы заданного профиля		Допуск формы заданного профиля *Т* 0,04 мм.
19. Допуск формы заданной поверхности		Допуск формы заданной поверхности относительно поверхностей *А*, *Б*, *В*, *Т* 0,1 мм.

Вид допуска	Указания допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
20. Суммарный допуск параллельности и плоскостности		Суммарный допуск параллельности и плоскостности поверхности относительно основания 0,1 мм.
21. Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности		Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности поверхности относительно основания 0,02 мм.
22. Суммарный допуск наклона и плоскостности		Суммарный допуск наклона и плоскостности поверхности относительно основания 0,05 мм.

Примечания:

1. В приведенных примерах допуски соосности, симметричности, позиционные, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности указаны в диаметральном выражении.

Допускается указывать их в радиусном выражении, например:



В ранее выпущенной документации допуски соосности, симметричности, смещения осей от номинального расположения (позиционного допуска), обозначенные соответственно знаками ⌐¬ ; ÷ ; + или текстом в технических требованиях, следует понимать как допуски в радиусном выражении.

2. Указание допусков формы и расположения поверхностей в текстовых документах или в технических требованиях чертежа следует приводить по аналогии с текстом пояснений к условным обозначениям допусков формы и расположения, приведенным в настоящем приложении.

При этом поверхности, к которым относятся допуски формы и расположения или которые приняты за базу, следует обозначать буквами или приводить их конструкторские наименования.

Допускается вместо слов «допуск зависимый» указывать знак Ⓜ и вместо указаний перед числовым значением символа ∅; *R*; *T*; *T/2* запись текстом, например, «позиционный допуск оси 0,1 мм в диаметральном выражении» или «допуск симметричности 0,12 мм в радиусном выражении».

3. Во вновь разрабатываемой документации запись в технических требованиях о допусках овальности, конусообразности, бочкообразности и седлообразности должна быть, например, следующей: «Допуск овальности поверхности *А* 0,2 мм (полуразность диаметров)».

В технической документации, разработанной до 1 января 1980 г., предельные значения овальности, конусообразности, бочкообразности и седлообразности определяют как разность наибольшего и наименьшего диаметров.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

УДК 744:62-408.8:003.62:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ОБОЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Designations system for design documentation.
Designations of surface finish

ГОСТ 2.309—73*

Взамен ГОСТ 2.309—68

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 9 ноября 1973 г. № 2604 срок введения установлен

с 01.01.75

Настоящий стандарт устанавливает обозначения шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий всех отраслей промышленности.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1632—79 и стандарту ИСО 1302—78.

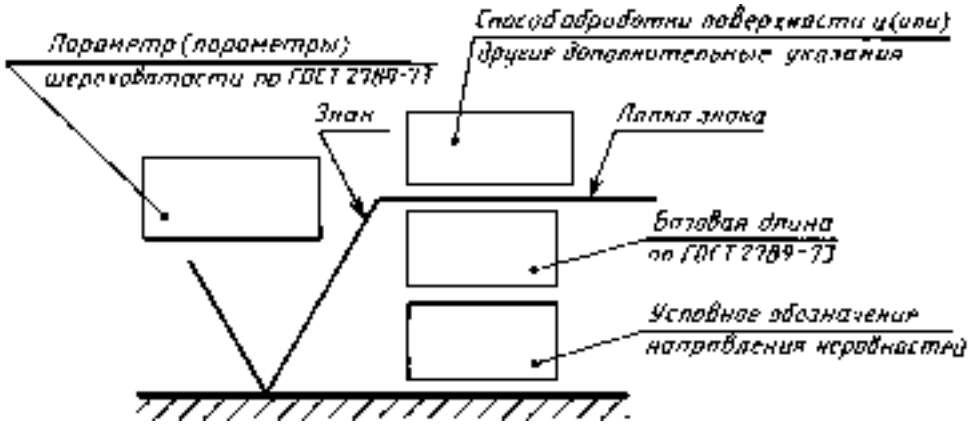
(Измененная редакция, Изм. № 1).

1. ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

1.1. Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

1.2. Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на черт. 1.

При наличии в обозначении шероховатости только значения параметра (параметров) применяют знак без полки.

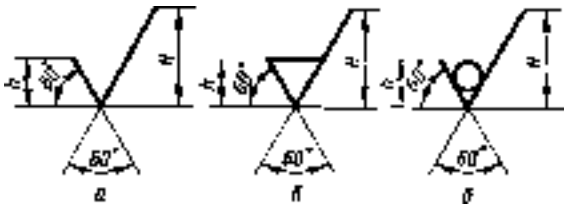


Черт.1

1.3. В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на черт. 2.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1,2,утвержденными в июне 1980 г.,августе 1984 г. (ИУС 11—80,12—84)*



Черт.2

Высота *h* должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота *H* равна (1,5. . .3) *h*. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак $\sqrt{}$ (черт. 2*а*).

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала, применяют знак ∇ (черт. 2*б*).

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, применяют знак $\sqrt{}$ (черт. 2*в*) с указанием значения параметра шероховатости.

1.4. Поверхности детали, изготовляемой из материала определенного профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу дополнительной обработке, должны быть отмечены знаком $\sqrt{}$ без указания параметра шероховатости.

Состояние поверхности, обозначенной знаком $\sqrt{}$, должно соответствовать требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями, или другим документом, причем на этот документ должна быть приведена ссылка, например, в виде указания сортамента материала в графе *3* основной надписи чертежа по ГОСТ 2.104—68.

1.5. Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789—73 указывают в обозначении шероховатости:

для параметра *Ra* — без символа, например, 0,4:

для остальных параметров — после соответствующего символа, например: *Rmax* 6,3; *Sm* 0,63; t_{50} 70; *S* 0,032; *Rz* 50.

Примечание. В примере t_{50} 70 указана относительная опорная длина профиля t_p = 70 % при уровне сечения профиля p = 50 %.

1.2—1.5. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.5а. При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений, например: $\sqrt{}$; $\sqrt{}$

1.5б. При указании наименьшего значения параметра шероховатости после обозначения параметра следует указывать «min», например: $\sqrt{}$; $\sqrt{}$

1.5а, 1.5б. **(Введены дополнительно, Изм. № 2).**

1.6. При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности в обозначении шероховатости приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

$$\begin{matrix} 0{,}8 \\ 0{,}4 \end{matrix}; \quad \begin{matrix} Rz\ 0{,}10 \\ 0{,}05 \end{matrix}; \quad \begin{matrix} Rmax\ 0{,}80 \\ 0{,}32 \end{matrix}; \quad \begin{matrix} t_{50}\ 70 \\ 50 \end{matrix}$$ и т. п.

В верхней строке приводят значение параметра, соответствующее более грубой шероховатости.

1.7. При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789—73, например:

1 + 20 %; $Rz\ 100_{-10\ \%}$; $Sm\ 0{,}63^{+20\ \%}$; t_{50} 70±40 % и т. п.

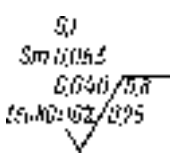
1.6, 1.7. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.8. При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке (см. черт. 3):

параметр высоты неровностей профиля,

параметр шага неровностей профиля,

относительная опорная длина профиля.

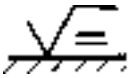
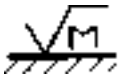
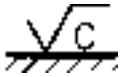
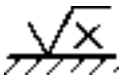


Черт.3

1.9. При нормировании требований к шероховатости поверхности параметрами *Ra*, *Rz*, *Rmax* базовую длину в обозначении шероховатости не приводят, если она соответствует указанной в приложении 1 ГОСТ 2789—73 для выбранного значения параметра шероховатости.

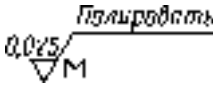
(Измененная редакция, Изм. № 2).

1.10. Условные обозначения направления неровностей должны соответствовать приведенным в таблице. Условные обозначения направления неровностей приводят на чертеже при необходимости.

Типы направления неровностей	Обозначение	Типы направления неровностей	Обозначение
			
			
			

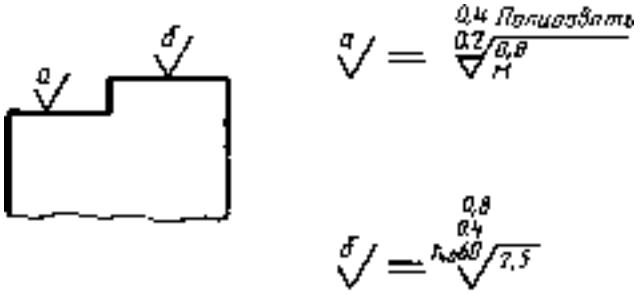
Высота знака условного обозначения направления неровностей должна быть приблизительно равна *h*. Толщина линий знака должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии.

1.11. Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности (черт. 4).



Черт.4

1.12. Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа по примеру, указанному на черт. 5.

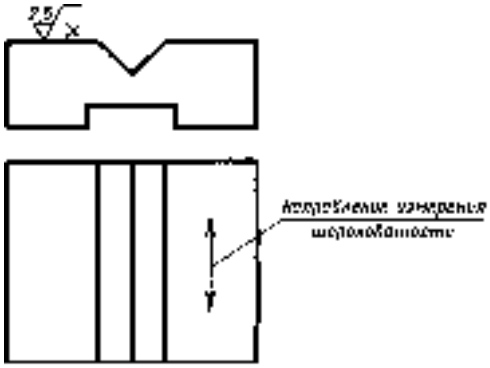


Черт.5

В упрощенном обозначении используют знак $\sqrt{}$ и строчные буквы русского алфавита в алфавитном порядке, без повторений и, как правило, без пропусков.

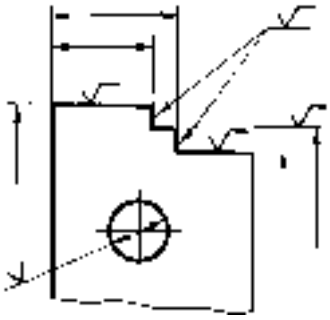
(Измененная редакция, Изм. № 2).

1.13. Если направление измерения шероховатости должно отличаться от предусмотренного ГОСТ 2789—73, его указывают на чертеже по примеру, приведенному на черт. 6.



Черт.6

2. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ



Черт.7

2.1. Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок.

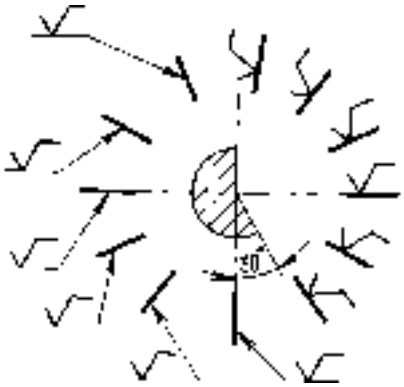
Допускается при недостатке места располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (черт. 7).

2.2. На линии невидимого контура допускается наносить обозначение шероховатости только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.

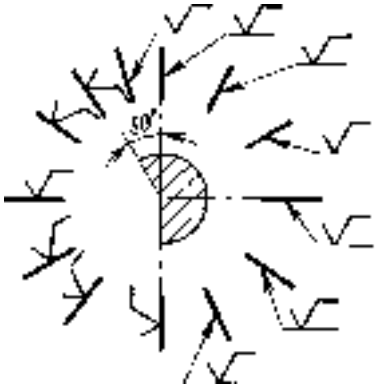
2.3. Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на черт. 8 и 9.

2.4. Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак не имеет полки, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на черт. 10.

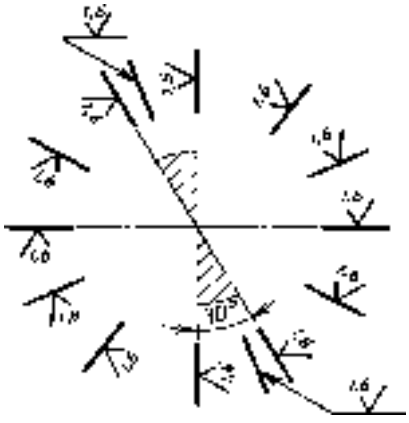
2.5. При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения, по возможности ближе к месту указания размеров (черт. 11).



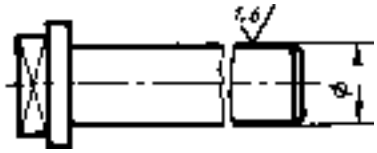
Черт.8



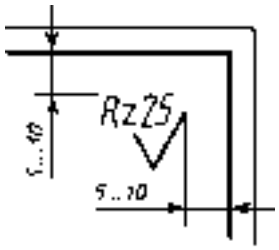
Черт.9



Черт.10



Черт.11



Черт.12

2.6. При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (черт. 12).

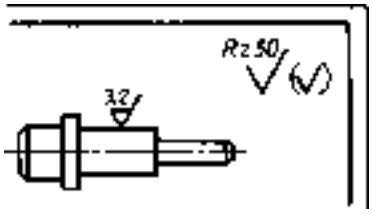
Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

П р и м е ч а н и е. При расположении поверхности в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии-выноски.

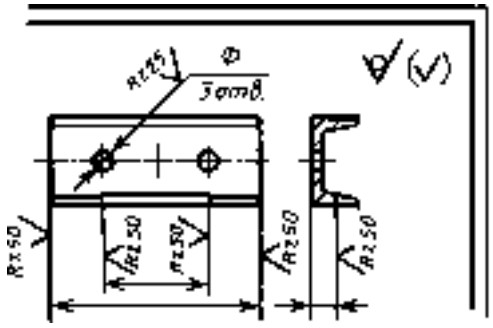
2.7. Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правом верхнем углу чертежа (черт. 13, 14) вместе с условным обозначением $(\surd)$. Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости или знак $\surd$, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением $(\surd)$.

Размеры знака, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении.

П р и м е ч а н и е . Не допускается обозначение шероховатости или знак $\surd$ выносить в правый верхний угол чертежа при наличии в изделии поверхностей, шероховатость которых не нормируется.



Черт.13

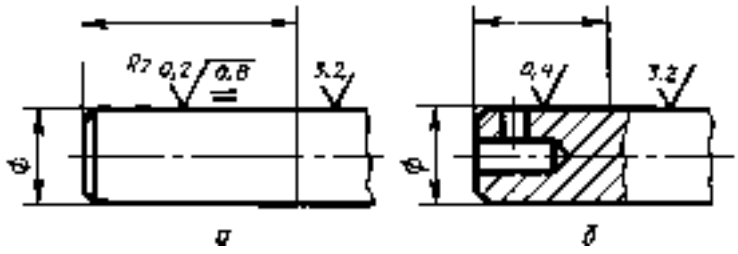


Черт.14

2.8. Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), количество которых указано на чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений.

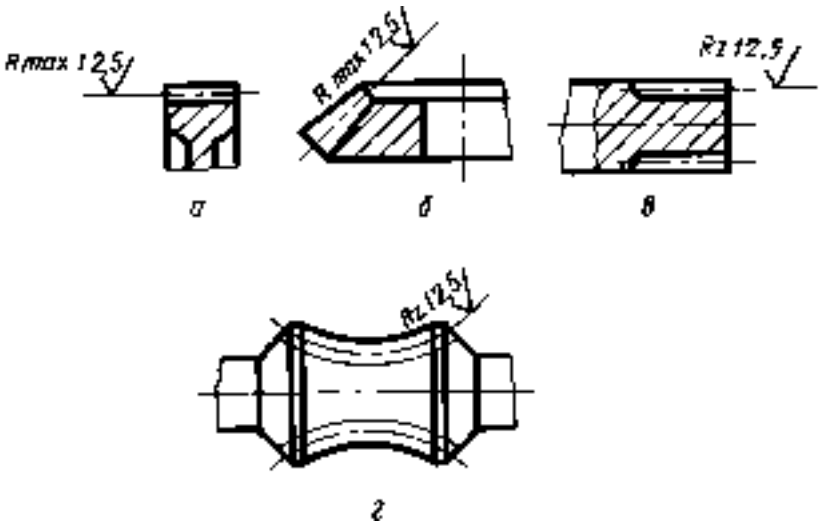
Обозначения шероховатости симметрично расположенных элементов симметричных изделий наносят один раз.

2.9. Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (черт. 15*а*). Через заштрихованную зону линию границы между участками не проводят (черт. 15*б*).



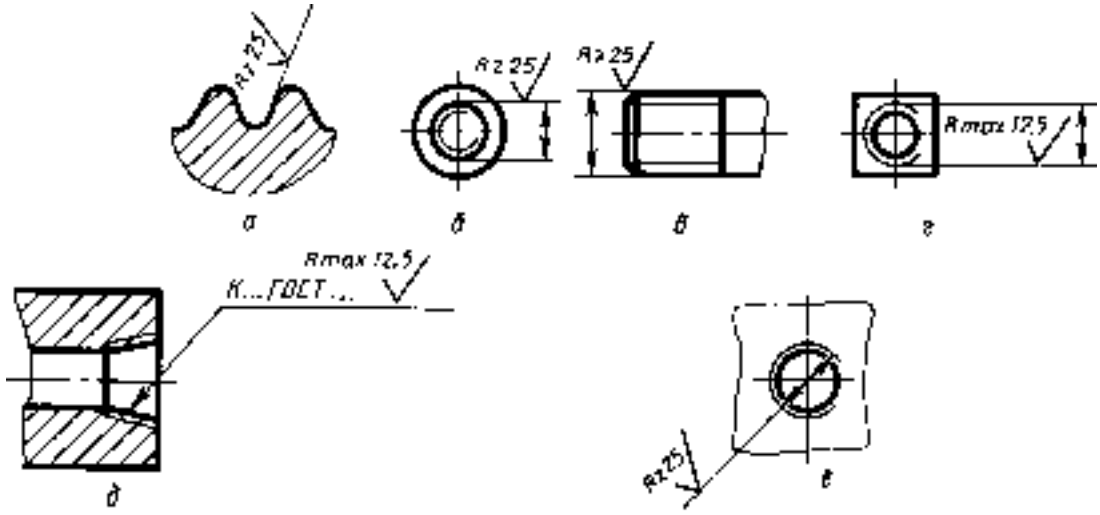
Черт.15

2.10. Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т. п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (черт. 16*а, б, в*), а для глобоидных червяков и сопряженных с ними колес — на линии расчетной окружности (черт. 16*г*).



Черт.16

2.11. Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля (черт. 17*а*) или условно на выносной линии для указания размера резьбы (черт. 17*б, в, г, д*), на размерной линии или на ее продолжении (черт. 17*е*).



Черт.17

2.4—2.11. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.12. Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят один раз в соответствии с черт. 18*а, б*. Диаметр вспомогательного знака ○ — 4 . . . 5 мм.

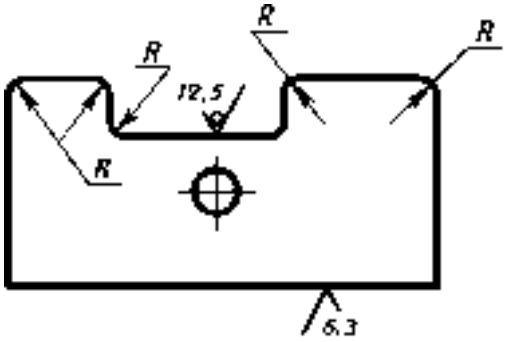
В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак ○ не приводят (черт. 19).



а) для знака с полкой

б) для знака без полки

Черт.18

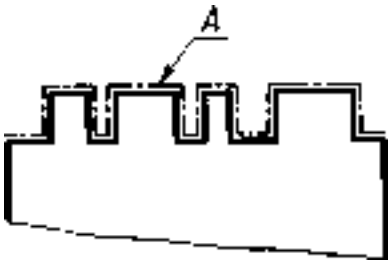


Черт.19

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2.13. Обозначение одинаковой шероховатости поверхности сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например: «шероховатость поверхности $А - \overset{1,6}{\sqrt{}}$». При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведенной от утолщенной штрихпунктирной линии, которой обводят поверхность на расстоянии 0,8 . . . 1 мм от линии контура (черт. 20).

(Измененная редакция, Изм. № 2).



Черт.20

ИЗМЕНЕНИЯ, ВНЕСЕННЫЕ В МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

01 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ТЕРМИНОЛОГИЯ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. ДОКУМЕНТАЦИЯ

МКС 01.080.30
Группа Т52

Изменение № 3 ГОСТ 2.309—73 Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей

Принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 21 от 28.05.2002)

Зарегистрировано Бюро по стандартам МГС № 4180

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: AM, BY, KZ, KG, MD, RU, TJ, UZ, UA [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004]

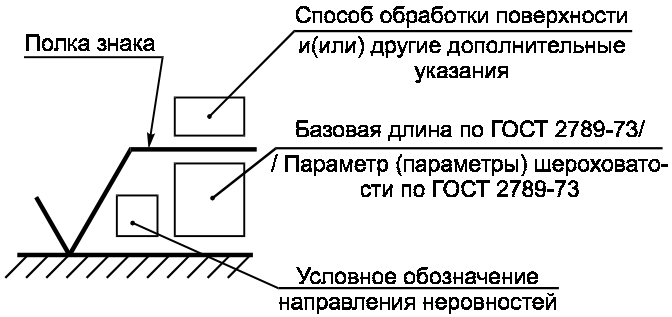
Вводная часть. Второй абзац изложить в новой редакции:

«Стандарт полностью соответствует стандарту ИСО 1302».

Пункт 1.2. Второй абзац изложить в новой редакции:

«При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки»;

чертеж 1 заменить новым:



Черт. 1

(Продолжение см. с. 6)

Пункт 1.3. Первый абзац. Заменить значение: (1,5 . . . 3) *h* на (1,5 . . . 5) *h*.

Пункт 1.5 после слов «в обозначении шероховатости» изложить в новой редакции (кроме примечания): «после соответствующего символа, например: *Ra* 0,4 ; *R*max 6,3; *Sm* 0,63; t_{50} 70; *S* 0,032; *Rz* 50».

Пункт 1.5а. Заменить обозначения шероховатости: 0,4 ; Rz 50 на Ra 0,4 ; Rz 50 .

Пункт 1.5б. Заменить обозначения шероховатости: 3,2min ; Rz 50min на Ra 3,2min ; Rz 50min .

Пункт 1.6. Заменить обозначение: $^{0,8}_{0,4}$ на *Ra* $^{0,8}_{0,4}$.

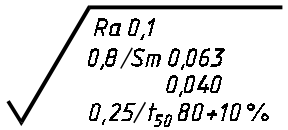
Пункт 1.7. Заменить обозначение: 1+20 % на *Ra* 1+20 %.

Пункт 1.8. Чертеж 3 заменить новым:

«параметр высоты неровностей профиля

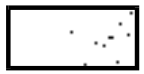
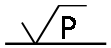
параметр шага неровностей профиля

относительная опорная длина профиля

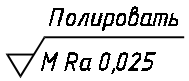


Черт. 3».

Пункт 1.10. Таблицу дополнить обозначением:

Типы направления неровностей	Обозначение
	

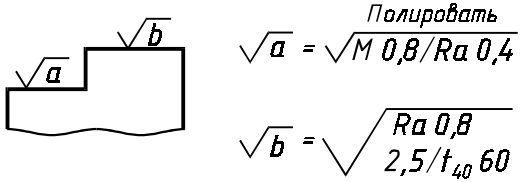
Пункт 1.11. Чертеж 4 заменить новым:



Черт. 4

(Продолжение см. с. 7)

Пункт 1.12. Чертеж 5 заменить новым:



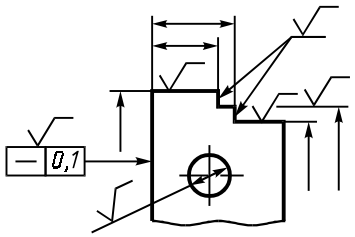
Черт. 5

Пункт 1.13. Чертеж 6. Заменить обозначение: 2,5 x на x Ra 2,5 .

Пункт 2.1. Второй абзац изложить в новой редакции:

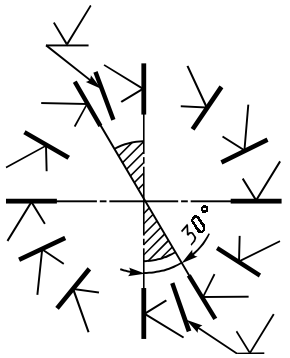
«Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, на рамке допуска формы, а также разрывать выносную линию (черт. 7)»;

чертеж 7 заменить новым:



Черт. 7

Пункт 2.4. Чертеж 10 заменить новым:



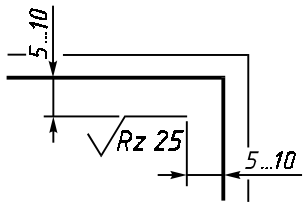
Черт. 10

(Продолжение см. с. 8)

Пункт 2.5. Чертеж 11. Заменить обозначение шероховатости:

1,6 на Ra 1,6 .

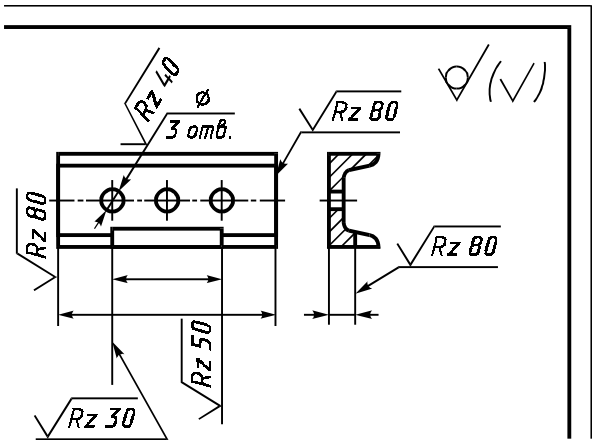
Пункт 2.6. Чертеж 12 заменить новым:



Черт. 12

Пункт 2.7. Чертеж 13. Заменить обозначение шероховатости: 3,2 на Ra 3,2 , Rz 50 (√) на Rz 50 (√) ;

чертеж 14 заменить новым:



Черт. 14

Пункт 2.9. Чертеж 15, а. Заменить обозначение шероховатости:

Rz 0,2 0,8 на =0,8/Rz 0,2 ; 3,2 на Ra 3,2 ;

(Продолжение см. с. 9)

0,4 на Ra 0,4 ; 3,2 на Ra 3,2 .

Пункт 2.10. Чертеж 16. Заменить обозначение шероховатости:

Rmax 12,5 на Rmax 12,5 (2 раза) ; Rz 12,5 на Rz 12,5 (2 раза) .

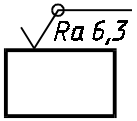
Пункт 2.11. Чертеж 17. Заменить обозначение шероховатости:

Rz 25 на Rz 25 (4 раза) ; Rmax 12,5 на Rmax 12,5 (2 раза) .

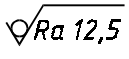
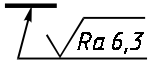
(Продолжение см. с. 10)

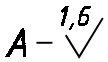
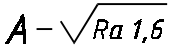
(Продолжение изменения № 3 к ГОСТ 2.309—73)

Пункт 2.12. Чертеж 18 заменить новым:



Черт. 18

чертеж 19. Заменить обозначение шероховатости:  на  ;  на  .

Пункт 2.13. Заменить обозначение:  на  .

(ИУС № 3 2003 г.)

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

НАНЕСЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОКРЫТИЙ, ТЕРМИЧЕСКОЙ И ДРУГИХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ

ГОСТ 2.310—68

Unified system for design documentation.
Marking of designations of coverings, heat treatment and other types of treatment on engineering drawings

Дата введения 01.01.71

Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения на чертежи изделий всех отраслей промышленности обозначений покрытий (защитных, декоративных, электроизоляционных, износоустойчивых и т. п.), а также показателей свойств материалов, получаемых в результате термической и других видов обработки (химико-термической, наклепа и т. п.).

(Измененная редакция, Изм. № 3).

1. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОКРЫТИЙ

1.1. Обозначение покрытия —по ГОСТ 9.306 и ГОСТ 9.032 или отраслевому стандарту или все данные, необходимые для выполнения нестандартизованного покрытия, приводят в технических требованиях чертежа после слова «Покрытие».

1.2. В технических требованиях чертежа после обозначения покрытия приводят данные о материалах покрытия (марку и обозначение стандарта или технических условий), указанных в обозначении.

1.1, 1.2. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

1.3. **(Исключен, Изм. № 1).**

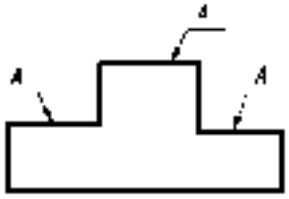
1.4. Если на все поверхности изделия должно быть нанесено одно и то же покрытие, то запись делают по типу: «Покрытие...».

1.5. Если должны быть нанесены покрытия на поверхности, которые можно обозначить буквами или однозначно определить (наружная или внутренняя поверхности и т. п.), то запись делают по типу: «Покрытие поверхностей *А* . . . »; «Покрытие наружных поверхностей . . . ».

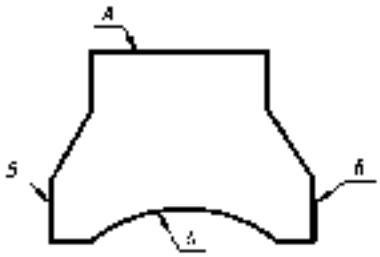
1.6. При нанесении одинакового покрытия на несколько поверхностей их обозначают одной буквой и запись делают по типу: «Покрытие поверхностей *А* . . . » (черт. 1).

1.7. При нанесении различных покрытий на несколько поверхностей изделия их обозначают разными буквами (черт. 2) и запись делают по типу: «Покрытие поверхности *А* . . . , поверхностей *Б* . . . ».

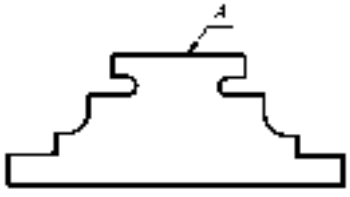
1.8. Если одно и то же покрытие наносят на большее количество поверхностей изделия, а на остальные поверхности наносят другое покрытие или их оставляют без покрытия, то последние обозначают буквами (черт. 3) и запись делают по типу: «Покрытие поверхности А... , остальных...» или «Покрытие... , кроме поверхности *А*».



Черт. 1



Черт. 2



Черт. 3

Издание официальное ★

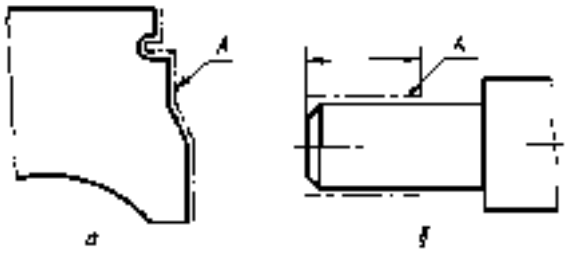
Перепечатка воспрещена

1.9. Если необходимо нанести покрытие на поверхность сложной конфигурации или на часть поверхности, которую нельзя однозначно определить, то такие поверхности обводят штрихпунктирной утолщенной линией на расстоянии 0,8 ... 1 мм от контурной линии, обозначают их одной буквой и проставляют размеры, определяющие положение этих поверхностей; запись делают по типу: «Покрытие поверхности *А*...» (черт. 4).

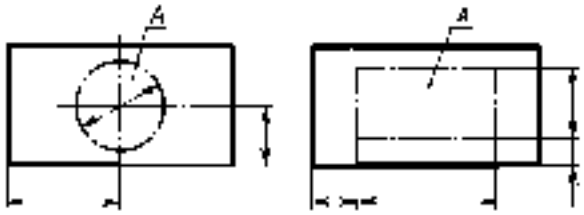
Размеры, определяющие положение поверхности, на которую должно быть нанесено покрытие, допускается не проставлять, если они ясны из чертежа (см. черт. 4*а*).

(Измененная редакция, Изм. № 2).

1.10. Участки поверхности, подлежащие покрытию, отмечают, как показано на черт. 5, с указанием размеров, определяющих положение этих участков.



Черт. 4



Черт. 5

2. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

2.1. На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, полученных в результате обработки, например: твердость (HRC, HRB, HRA, HB, HV), предел прочности ($\sigma_в$), предел упругости ($\sigma_у$), ударная вязкость ($a_к$) и т. п.

Глубину обработки обозначают буквой *h*.

Величины глубины обработки и твердости материалов на чертежах указывают предельными значениями: «от ... до», например: *h* 0,7 ... 0,9; 40 ... 46 HRC.

В технически обоснованных случаях допускается указывать номинальные значения этих величин с предельными отклонениями, например, *h* 0,8±0,1; (43±3) HRC.

Допускается указывать значения показателей свойств материалов со знаками ≥ или ≤, например: $\sigma_в \geq 1500$ кгс/см^2, твердость ≥ 780 HV и т. п.

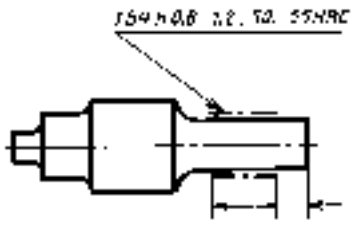
2.2. Допускается на чертежах указывать виды обработки, результаты которых не подвергаются контролю, например отжиг, а также виды обработки, если они являются единственными, гарантирующими требуемые свойства материала и долговечность изделия. В этих случаях наименование обработки указывают словами или условными сокращениями, принятыми в научно-технической литературе (черт. 6, 7).

2.1, 2.2. **(Измененная редакция, Изм. № 2, 4).**

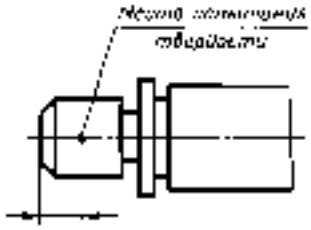
2.3. При необходимости в зоне требуемой твердости указывают место испытания твердости (черт. 8).



Черт. 6



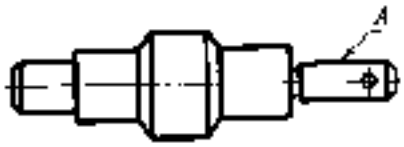
Черт. 7



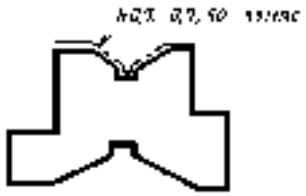
Черт. 8

2.4. Если все изделие подвергают одному виду обработки, то в технических требованиях делают запись: «40 ... 45 HRC» или «Цементировать *h* 0,7 ... 0,9 мм; 58 ... 62 HRC» или «Отжечь» и т. п.

2.5. Если большую часть поверхностей изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности другому виду обработки или предохраняют от нее, то в технических требованиях делают запись по типу: «40 ... 45 HRC, кроме поверхности *А*» (черт. 9) или «30 ... 35 HRC, кроме места, обозначенного особо» (черт. 10).

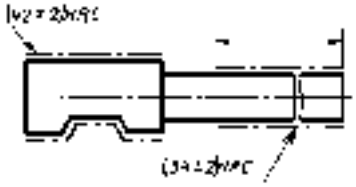


Черт. 9

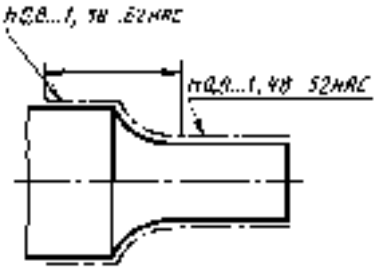


Черт. 10

2.6. Если обработке подвергают отдельные участки изделия, то показатели свойств материала и, при необходимости, способ получения этих свойств указывают на полках линий-выносок, а участки изделия, которые должны быть обработаны, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией, проводимой на расстоянии 0,8 ... 1 мм от них, с указанием размеров, определяющих поверхности (черт. 11, 12).



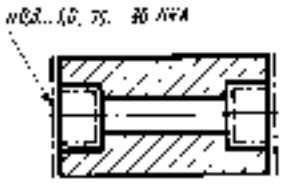
Черт. 11



Черт. 12

Размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, допускается не проставлять, если они ясны из данных чертежа (черт. 13, 14).

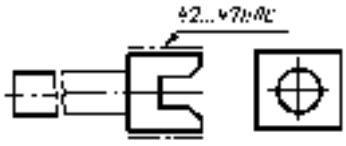
2.7. Поверхности изделия, подвергаемые обработке, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией на той проекции, на которой они ясно определены (черт. 15).



Черт. 13



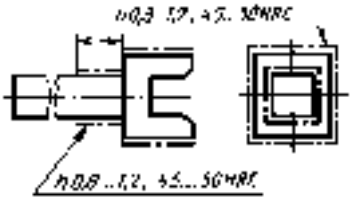
Черт. 14



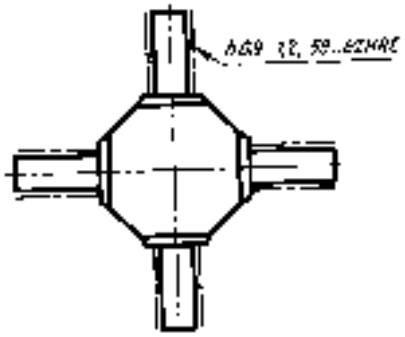
Черт. 15

Допускается отмечать эти поверхности и на других проекциях, при этом надпись с показателями свойств материала, относящимися к одной и той же поверхности, наносят один раз (черт. 16).

2.8. При одинаковой обработке симметричных участков или поверхностей изделия отмечают штрихпунктирной утолщенной линией все поверхности, подвергаемые обработке, а показатели свойств материала указывают один раз (черт. 13, 17).



Черт. 16



Черт. 17

2.4—2.8. **(Измененная редакция, Изм. № 2, 4).**

2.9. При наличии на изделии участков поверхностей с различными требованиями к свойствам материала эти требования указывают отдельно для каждого участка (см. черт. 11, 12).

2.10. Если надписи с указанием свойств материала и размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, затрудняют чтение чертежа, то допускается приводить их на дополнительном упрощенном изображении.

2.9, 10. **(Измененная редакция, Изм. № 4).**

2.11. При обработке поверхностей или участков изделия, определяемых термином или техническим понятием (например, рабочая часть или хвостовик режущего инструмента, поверхности зубьев, зубчатого колеса или поверхности, обозначенные буквами, и т. п.), допускается (если это не приведет к неоднозначному пониманию чертежа) не отмечать их штрихпунктирной утолщенной линией, а в технических требованиях делать запись по типу: «Хвостовик *h* 0,8 ... 1 мм; 48 ... 52 HRC». «Поверхность *А*—45 ... 50 HRC».

(Измененная редакция, Изм. № 2, 4).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 05.06.68 № 830

Изменение № 4 принято Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 15 от 28.05.99)

За принятие проголосовали

Наименование государства	Наименование государственного органа по стандартизации
Азербайджанская Республика	Азгосстандарт
Республика Армения	Армгосстандарт
Республика Беларусь	Госстандарт Беларуси
Грузия	Грузстандарт
Республика Казахстан	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизская Республика	Киргизстандарт
Республика Молдова	Молдовастандарт
Российская Федерация	Госстандарт России
Республика Таджикистан	Таджикгосстандарт
Туркменистан	Главная государственная инспекция Туркменистана
Республика Узбекистан	Узгосстандарт
Украина	Госстандарт Украины

3. ВЗАМЕН ГОСТ 2940—63 в части пп. 15—17

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 9.032—74	1.1
ГОСТ 9.306—85	1.1

5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, 4, утвержденными в феврале 1973 г., августе 1984 г., октябре 1987 г., январе 2000 г. (ИУС № 4—73, 12—84, 1—88, 4—2000)

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

ГОСТ 2.311—68

Unified system for design documentation.
Image of screw

Дата введения 01.01.71

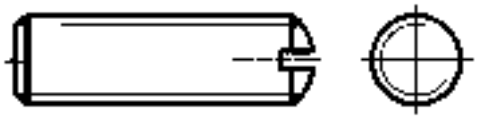
1. Настоящий стандарт устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 284—76.

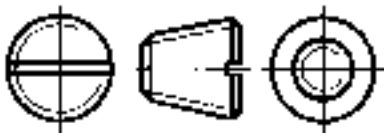
2. Резьбу изображают:

а) на стержне — сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями — по внутреннему диаметру.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $^3/_4$ окружности, разомкнутую в любом месте (черт. 1, 2);



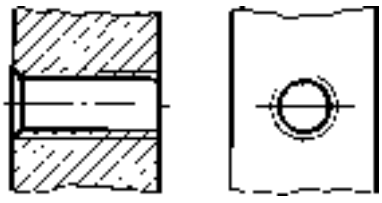
Черт.1



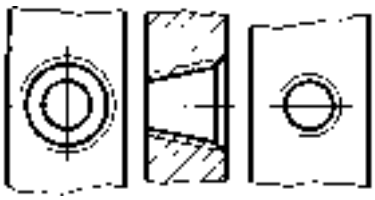
Черт.2

б) в отверстии — сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями — по наружному диаметру.

На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $^3/_4$ окружности, разомкнутую в любом месте (черт. 3, 4).



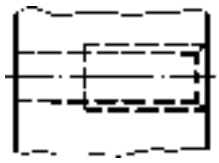
Черт.3



Черт.4

Издание официальное ★

Перепечатка воспрещена

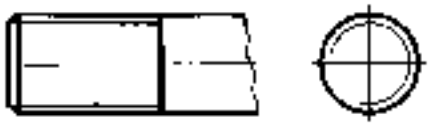


Черт.5

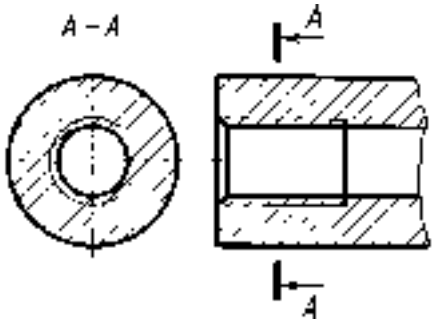
Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

3. Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметру (черт. 5).

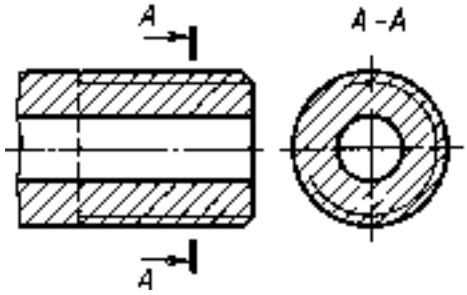
4. Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая (черт. 6—8).



Черт.6



Черт.7



Черт.8

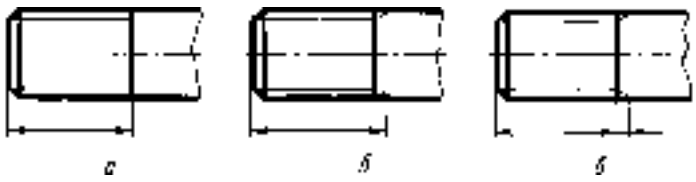
5. Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии (см. черт. 3, 4, 7, 8).

6. Размер длины резьбы с полным профилем (без сбега) на стержне и в отверстии указывают, как показано на черт. 9*а* и 10*а*.

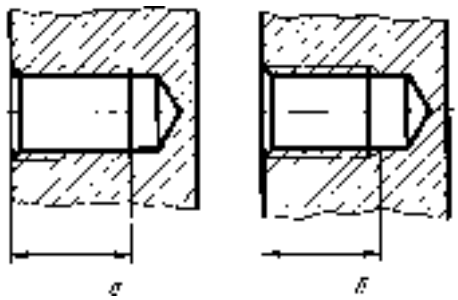
Размер длины резьбы (со сбегом) указывают, как показано на черт. 9*б* и 10*б*.

При необходимости указания величины сбега на стержне размеры наносят, как показано на черт. 9*в*.

Сбег резьбы изображают сплошной тонкой прямой линией, как показано на черт. 9*б, в* и 10*б*.



Черт.9



Черт.10

Недорез резьбы, выполненной до упора, изображают, как показано на черт. 11*а* и *в*.
Допускается изображать недорез резьбы, как показано на черт. 11*б* и *г*.

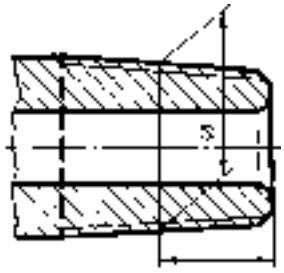


Черт.11

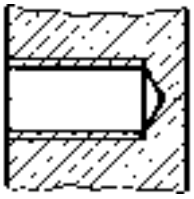
(Измененная редакция, Изм. № 1).

7. Основную плоскость конической резьбы на стержне, при необходимости, указывают тонкой сплошной линией, как показано на черт. 12.

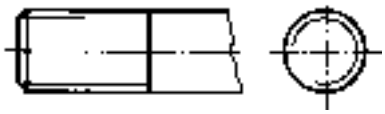
8. На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на черт. 13 и 14, даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы.



Черт.
12

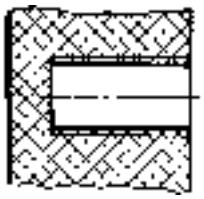


Черт.
13

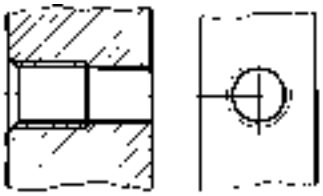


Черт.
14

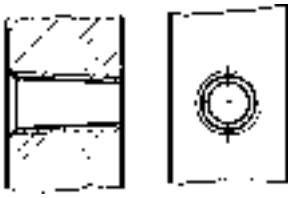
9. Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают (черт. 15—17). Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (см. черт. 15).



Черт.
15

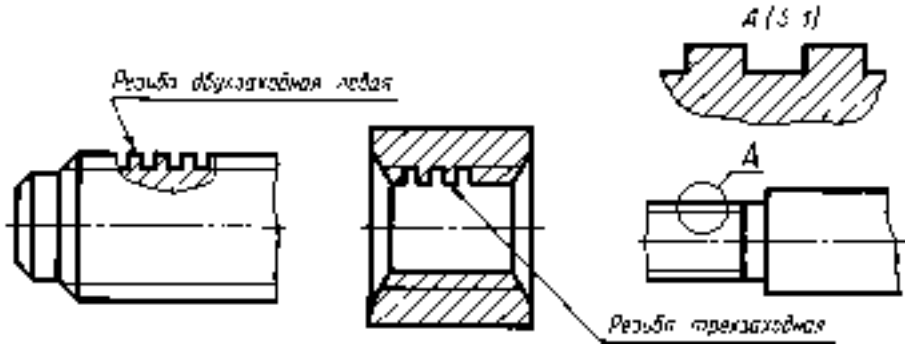


Черт.
16



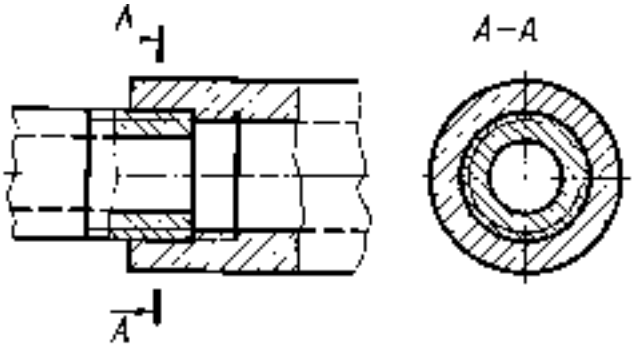
Черт.
17

10. Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на черт. 18, со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями. Кроме размеров и предельных отклонений резьбы, на чертеже указывают дополнительные данные о числе заходов, о левом направлении резьбы и т.п. с добавлением слова «Резьба».

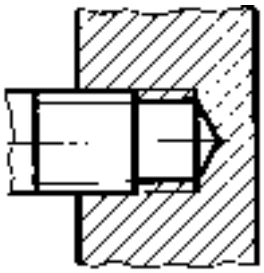


Черт.18

11. На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной к его оси, в отверстии показывают только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (черт. 19, 20).

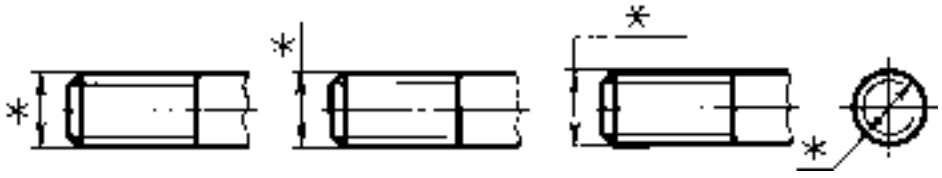


Черт.19

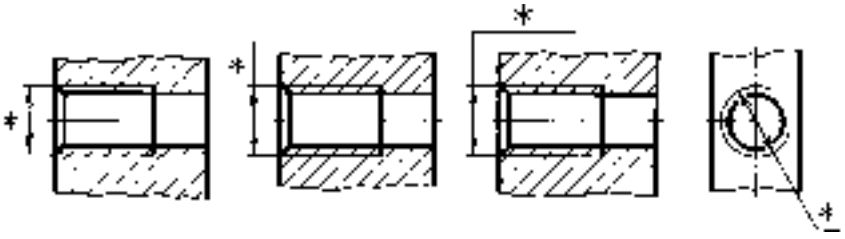


Черт.20

12. Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на черт. 21, 22.

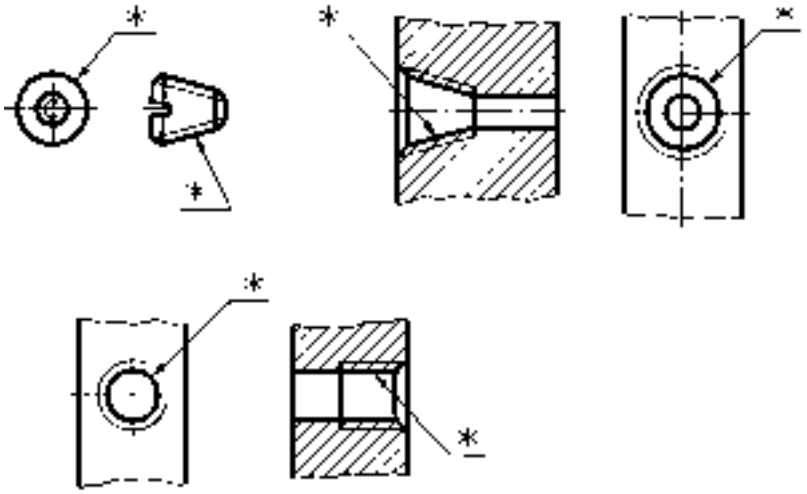


Черт.21



Черт.22

Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на черт. 23.



Черт.23

Примечание. Знаком «*» отмечены места нанесения обозначения резьбы.

13. Специальную резьбу со стандартным профилем обозначают сокращенно Сп и условным обозначением резьбы.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.

3. Стандарт соответствует СТ СЭВ 284—76

4. ВЗАМЕН ГОСТ 3459—59

5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в апреле 1987 г. (ИУС 7—87)

УДК 744:621.791.053:003.62:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Unified system for design documentation.
Symbolic designations and representations of welds and welded joints

ГОСТ 2.312—72*

Взамен ГОСТ 2.312—68

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 10 мая 1972 г. № 935 срок введения установлен

с 01.01.73

Настоящий стандарт устанавливает условные изображения и обозначения швов сварных соединений в конструкторских документах изделий всех отраслей промышленности, а также в строительной документации, в которой не использованы изображения и обозначения, применяемые в строительстве.

1. ИЗОБРАЖЕНИЕ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1.1. Шов сварного соединения, независимо от способа сварки, условно изображают:

видимый — сплошной основной линией (черт. 1*а*, *в*);

невидимый — штриховой линией (черт. 1*г*).

Видимую одиночную сварную точку, независимо от способа сварки, условно изображают знаком «+» (черт. 1*б*), который выполняют сплошными линиями (черт. 2).

Невидимые одиночные точки не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (см. черт. 1). Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

1.2. На изображение сечения многопроходного шва допускается наносить контуры отдельных проходов, при этом их необходимо обозначать прописными буквами русского алфавита (черт. 3).

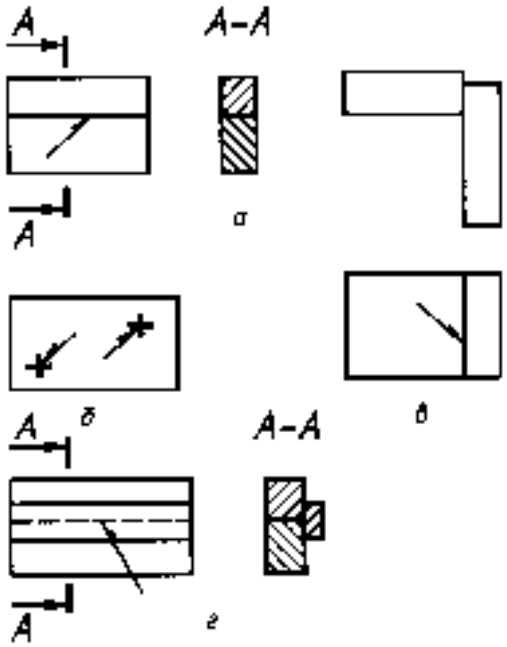
1.3. Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображают с указанием размеров конструктивных элементов, необходимых для выполнения шва по данному чертежу (черт. 4).

Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

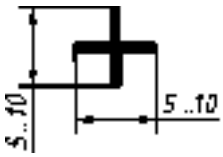
Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

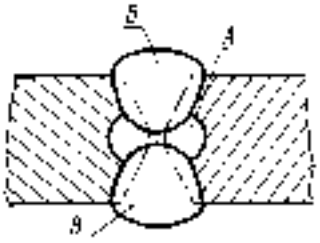
** Издание (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в июле 1991 г. (ИУС 10—91)*



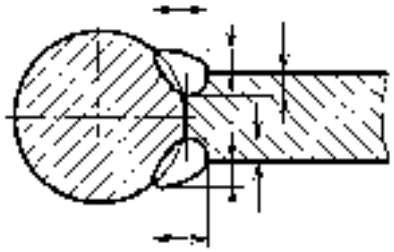
Черт. 1



Черт. 2



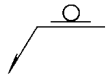
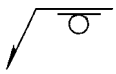
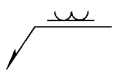
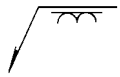
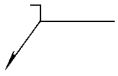
Черт. 3



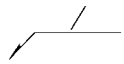
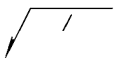
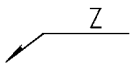
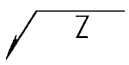
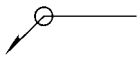
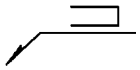
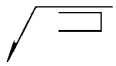
Черт. 4

2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов приведены в таблице.

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Усиление шва снять		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		

Продолжение

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением Угол наклона линии ≈ 60°		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Шов по замкнутой линии. Диаметр знака — 3 . . . 5 мм		
	Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа		

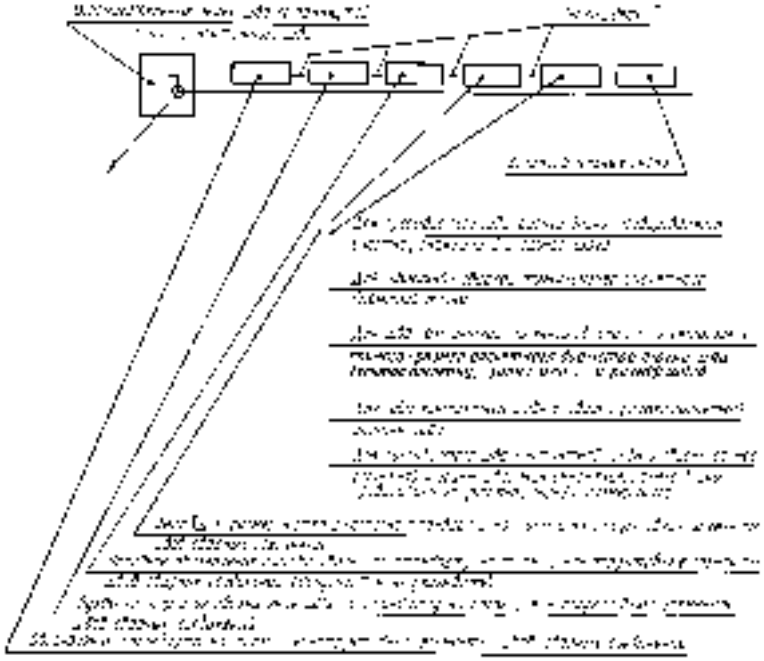
Примечания:

1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.
2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва.
3. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

В условном обозначении шва вспомогательные знаки выполняют сплошными тонкими линиями.

Вспомогательные знаки должны быть одинаковой высоты с цифрами, входящими в обозначение шва.

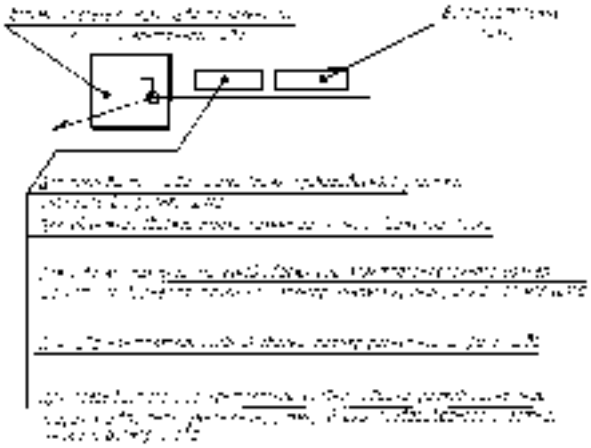
2.2. Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки приведена на схеме (черт. 5).



Черт. 5

Знак  выполняют сплошными тонкими линиями. Высота знака должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

2.3. Структура условного обозначения нестандартного шва или одиночной сварной точки приведена на схеме (черт. 6).



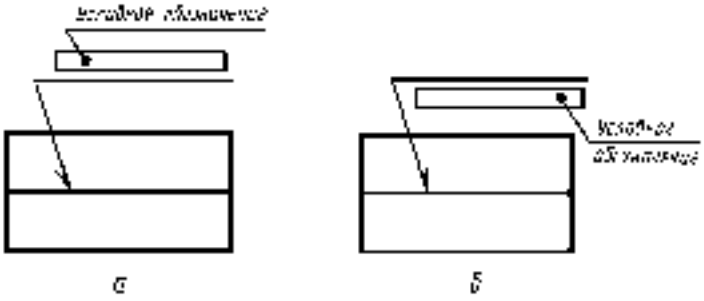
Черт. 6

В технических требованиях чертежа или таблицы швов указывают способ сварки, которым должен быть выполнен нестандартный шов.

2.4. Условное обозначение шва наносят:

а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (черт. 7*а*);

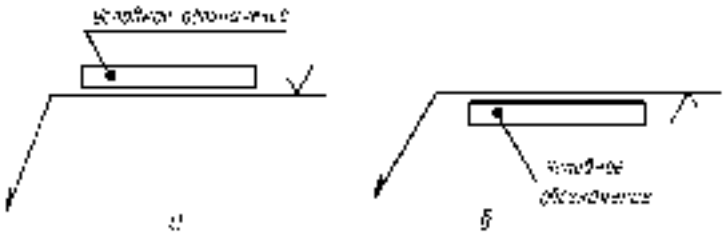
б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны (черт. 7*б*).



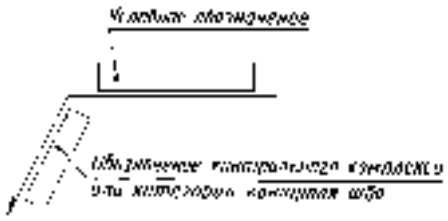
Черт. 7

2.5. Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва (черт. 8), или указывают в таблице швов, или приводят в технических требованиях чертежа, например: «Параметр шероховатости поверхности сварных швов...»

Примечание. Содержание и размеры граф таблицы швов настоящим стандартом не регламентируются.



Черт. 8



Черт. 9

2.6. Если для шва сварного соединения установлен контрольный комплекс или категория контроля шва, то их обозначение допускается помещать под линией-выноской (черт. 9).

В технических требованиях или таблице швов на чертеже приводят ссылку на соответствующий нормативно-технический документ.

2.7. Сварочные материалы указывают на чертеже в технических требованиях или таблице швов.

Допускается сварочные материалы не указывать.

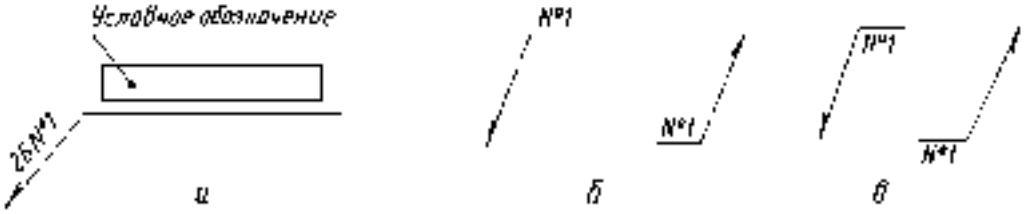
2.8. При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва (черт. 10 *а*);

б) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны (черт. 10 *б*);

в) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны (черт. 10 *в*).

Количество одинаковых швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением (см. черт. 10 *а*).



Черт. 10

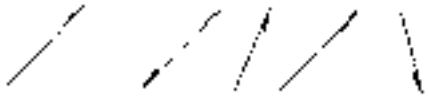
Примечание. Швы считают одинаковыми, если:
одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении;
к ним предъявляют одни и те же технические требования.

2.9. Примеры условных обозначений швов сварных соединений приведены в приложениях 1 и 2.

3. УПРОЩЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1. При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях чертежа (запись по типу: «Сварные швы... по...») или таблице.

3.2. Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок (черт. 11).



Черт. 11

3.3. На чертеже симметричного изделия, при наличии на изображении оси симметрии, допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изображения изделия.

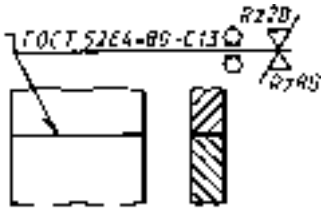
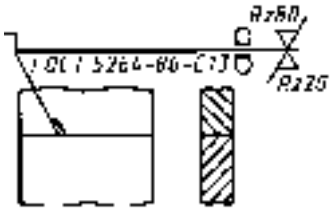
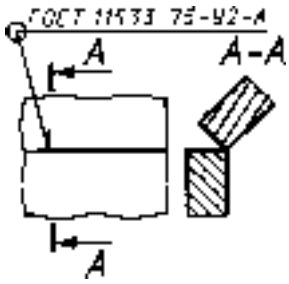
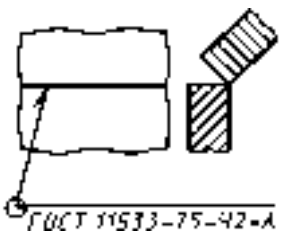
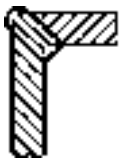
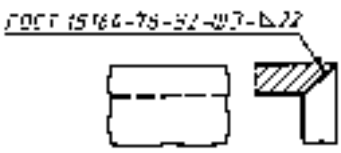
3.4. На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, эти швы допускается отмечать линиями-выносками и обозначать только у одного из изображений одинаковых частей (предпочтительно у изображения, от которого приведена линия-выноска с номером позиции).

3.5. Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания по сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении и расположение швов.

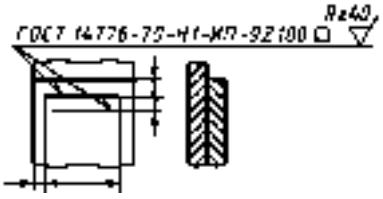
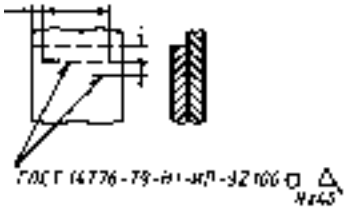
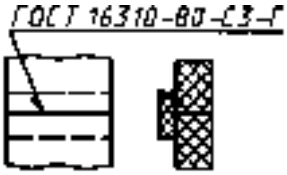
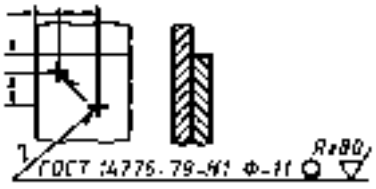
3.6. Одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз — в технических требованиях или таблице швов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

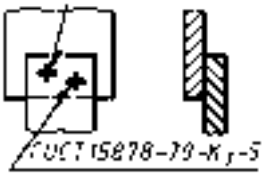
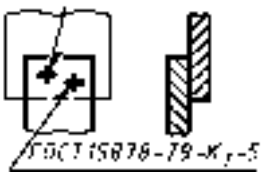
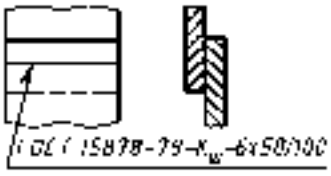
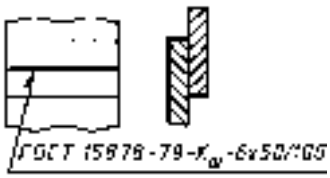
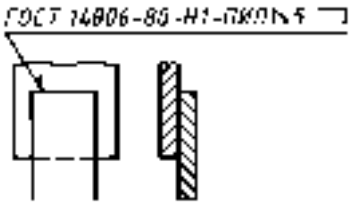
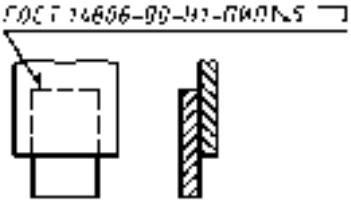
ПРИМЕРЫ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ СТАНДАРТНЫХ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполняемый дуговой ручной сваркой при монтаже изделия. Усиление снято с обеих сторон. Параметр шероховатости поверхности шва: с лицевой стороны — *Rz* 20 мкм; с оборотной стороны — *Rz* 80 мкм			
Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполняемый автоматической дуговой сваркой под флюсом по замкнутой линии			
Шов углового соединения со скосом кромок, выполняемый электрошлаковой сваркой проволочным электродом. Катет шва 22 мм			

Продолжение

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Шов точечный соединения внахлестку, выполняемый дуговой сваркой в инертных газах плавящимся электродом. Расчетный диаметр точки 9 мм. Шаг 100 мм. Расположение точек шахматное. Усиление должно быть снято. Параметр шероховатости обработанной поверхности *Rz* 40 мкм.			
Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполняемый сваркой нагретым газом с присадочным прутком			
Одиночные сварные точки соединения внахлестку, выполняемые дуговой сваркой под флюсом. Диаметр электрозаклепки 11 мм. Усиление должно быть снято. Параметр шероховатости обработанной поверхности *Rz* 80 мкм.			—
Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый ручной дуговой сваркой в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным металлом по замкнутой линии Катет шва 6 мм. Длина провариваемого участка 50 мм. Шаг 100 мм.			

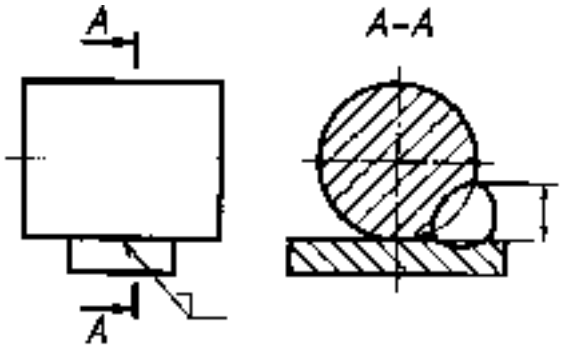
Продолжение

Характеристика шва	Форма поперечного сечения шва	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
Одиночные сварные точки соединения внахлестку, выполняемые контактной точечной сваркой. Расчетный диаметр литого ядра точки 5 мм			
Шов соединения внахлестку прерывистый, выполняемый контактной шовной сваркой. Ширина литой зоны шва 6 мм. Длина провариваемого участка 50 мм. Шаг 100 мм.			
Шов соединения внахлестку без скоса кромок, односторонний, выполняемый дуговой полуавтоматической сваркой в инертных газах плавящимся электродом. Шов по незамкнутой линии. Катет шва 5 мм.			

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕР УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ НЕСТАНДАРТНОГО ШВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Характеристика шва	Условное изображение и обозначение шва на чертеже
Шов соединения без скоса кромок, односторонний, выполняемый ручной дуговой сваркой при монтаже изделия	

Примечание. В технических требованиях делают следующее указание: «Сварка ручная дуговая».

УДК 744.43:621:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Unified system for design documentation.
Symbolic designations and representations of dead joints

ГОСТ 2.313—82

Взамен ГОСТ 2.313—68

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1982 г. № 5294 срок введения установлен

с 01.01.84

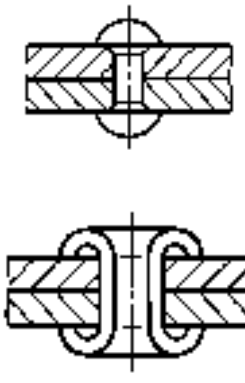
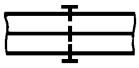
Настоящий стандарт устанавливает условные изображения и обозначения соединений, получаемых клепкой, пайкой, склеиванием, сшиванием и металлическими скобками, на чертежах всех отраслей промышленности и строительства, кроме чертежей строительных металлических конструкций.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 138—81.

1. СОЕДИНЕНИЯ КЛЕПАНЫЕ

1.1. Примеры условного изображения соединений, получаемых клепкой, приведены в табл. 1.

Таблица 1

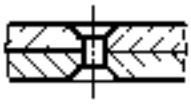
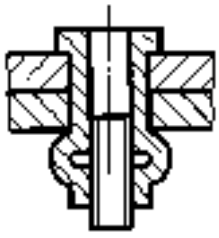
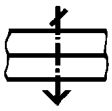
Вид соединения	Изображение	Условное обозначение	
		в сечении	на виде
1. Заклепкой с полукруглой, плоской, скругленной головкой и с полукруглой, плоской, скругленной замыкающей головкой			

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

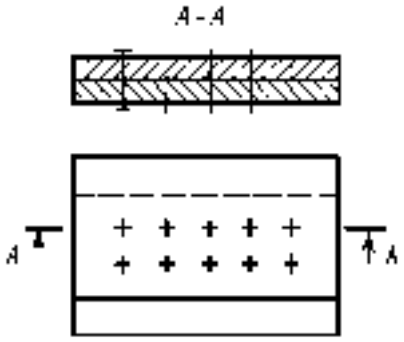
Переиздание. Июль 2001 г.

Продолжение табл. 1

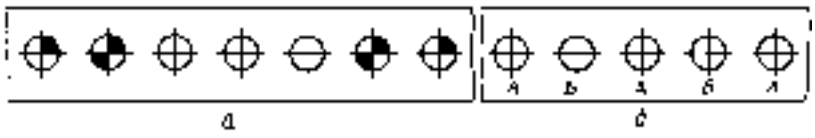
Вид соединения	Изображение	Условное обозначение	
		в сечении	на виде
2. Заклепкой с потайной головкой и с полукруглой, плоской, скругленной замыкающей головкой			
3. Заклепкой с потайной головкой и с потайной замыкающей головкой			
4. Заклепкой с полупотайной головкой и с потайной замыкающей головкой			
5. Заклепками специальными	  		

1.2. Если предмет, изображенный на сборочном чертеже, имеет ряд однотипных соединений с заклепками одного типа и с одинаковыми размерами, то заклепки, входящие в соединение, следует показать условно в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центровыми или осевыми линиями (черт. 1).

1.3. Если на чертеже необходимо показать несколько групп заклепок различных типов и размеров, то рекомендуется отмечать одинаковые заклепки одним и тем же условным знаком (черт. 2*а*) или одинаковыми буквами (черт. 2*б*).



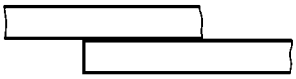
Черт. 1



Черт. 2

2. СОЕДИНЕНИЯ ПАЯНЫЕ И КЛЕЕНЫЕ

2.1. В соединениях, получаемых пайкой и склеиванием, место соединения элементов следует изображать сплошной линией толщиной 2*s* (черт. 3).

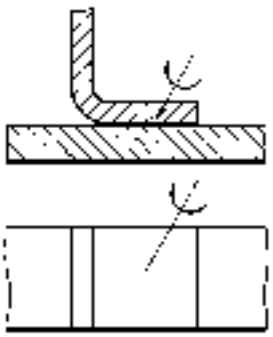


Черт. 3

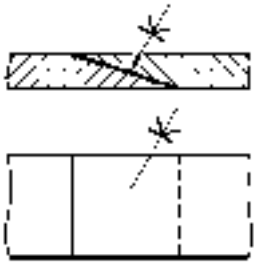
2.2. Для обозначения паяного и клееного соединения следует применять условный знак, который наносят на линии-выноске сплошной основной линией:

 — для пайки (черт. 4, 6, 8);

 — для склеивания (черт. 5, 7, 9).



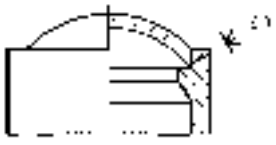
Черт. 4



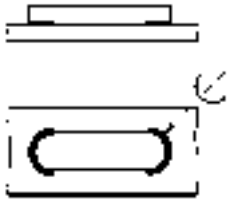
Черт. 5



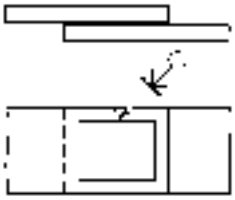
Черт. 6



Черт. 7



Черт. 8



Черт. 9

2.3. Швы, выполняемые по замкнутой линии, следует обозначать окружностью диаметром от 3 до 5 мм, выполняемой тонкой линией (черт. 6, 7, 9).

2.4. Швы, ограниченные определенным участком, следует обозначать, как показано на черт. 8.

2.5. На изображении паяного соединения при необходимости следует указывать размеры шва и обозначение шероховатости поверхности.

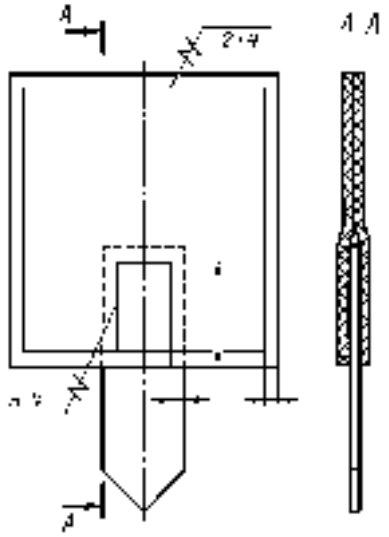
2.6. Обозначение припоя или клея (клеящего вещества) по соответствующему стандарту или техническим условиям следует приводить в технических требованиях чертежа записью по типу: «ПОС 40 ГОСТ...» или «Клей БФ-2 ГОСТ...».

При необходимости в том же пункте технических требований следует приводить требования к качеству шва. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва.

2.7. При выполнении швов припоями или клеями различных марок всем швам, выполняемым одним и тем же материалом, следует присваивать один порядковый номер, который следует наносить на линии-выноске. При этом в технических требованиях материал следует указывать записью по типу:

«ПОС 4 ГОСТ... (№ 1), ПМЦ 36 ГОСТ... (№ 2), клей БФ-2 ГОСТ... (№ 3)».

3. СОЕДИНЕНИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ СШИВАНИЕМ



Черт. 10

3.1. Соединения, получаемые сшиванием, следует изображать на чертежах тонкой сплошной линией и обозначать условным знаком, выполненным сплошной основной линией и нанесенным на линии-выноске (черт. 10).

3.2. Обозначение материала (ниток и т. п.) по соответствующему стандарту или техническим условиям, а также, при необходимости, сведения, характеризующие шов, в том числе количество ниток и размер стежка, следует приводить в технических требованиях чертежа. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва (черт. 10).

3.3. Если соединение имеет несколько рядов швов, то на чертеже следует изображать только один шов, расположенный ближе к краю. Количество швов и расстояние между ними следует указывать под полкой линии-выноски (черт. 10).

4. СОЕДИНЕНИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СКОБОК

4.1. Соединение, получаемое при помощи металлических скобок, следует обозначать условным знаком, выполненным сплошной основной линией и нанесенным на линии-выноске:

 — для соединений, выполняемых внахлестку;

 — для угловых соединений.

Линия-выноска подводится к соединению со стороны расположения скобок.

4.2. При изображении ряда металлических скобок следует изображать только крайние скобки, соединяемые между собой сплошной тонкой линией.

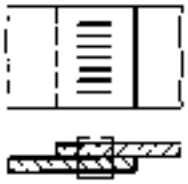
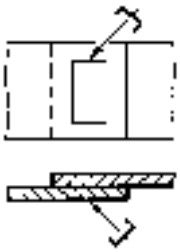
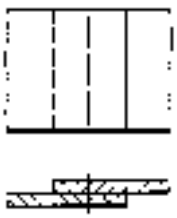
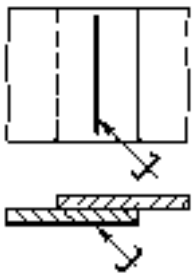
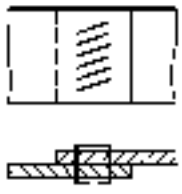
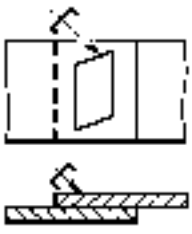
4.3. Соединение, выполняемое по замкнутой линии, следует обозначать в соответствии с требованием п. 2.3.

4.4. Дополнительные сведения, характеризующие соединение, например, параметры скобки и расстояние между ними, при необходимости, следует приводить в технических требованиях чертежа.

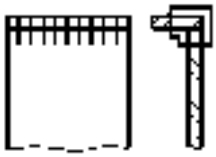
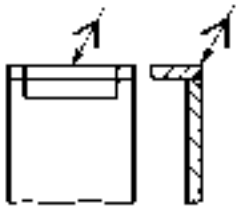
4.5. Если соединение образуется несколькими рядами скобок, то на чертеже следует изобразить один ряд, расположенный ближе к краю, а на полке линии-выноски указать количество рядов и расстояние между ними.

4.6. Примеры изображения и обозначения соединений, выполненных при помощи металлических скобок, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Соединение	Изображение	Условное изображение
1. С параллельным расположением скобок		
2. С последовательным расположением скобок		
3. С параллельным наклонным расположением скобок		

Продолжение табл. 2

Соединение	Изображение	Условное изображение
4. Угловое с параллельным расположением скобок		

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

УКАЗАНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ О МАРКИРОВАНИИ И КЛЕЙМЕНИИ ИЗДЕЛИЙ

Unified system for design documentation.
Instructions for marking and stamping articles

ГОСТ 2.314—68*

Взамен ГОСТ 5292—60 в части п. 6

Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.
Срок введения установлен

с 01.01.71

1. Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения на чертежи указаний о маркировании и клеймении изделий всех отраслей промышленности.

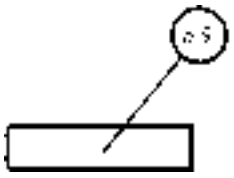
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 648—77.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

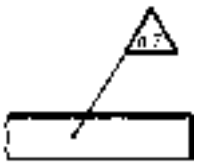
2. Указания о маркировании и клеймении помещают в технических требованиях чертежа и начинают словами: «Маркировать...» или «Клеймить...».

Указания о клеймении на чертежах помещают только в тех случаях, когда необходимо предусмотреть на изделии определенное место клеймения, размеры и способ нанесения клейма.

3. Место нанесения маркировки или клейма на изображении изделия отмечают точкой и соединяют ее линией-выноской со знаками маркирования или клеймения, которые располагают вне изображения. Знак маркирования — окружность диаметром 10 ... 15 мм (черт. 1), знак клеймения — равносторонний треугольник высотой 10 ... 15 мм (черт. 2).



Черт. 1



Черт. 2

Внутри знака помещают номер соответствующего пункта технических требований, в котором приведены указания о маркировании и клеймении.

Знаки маркирования и клеймения выполняют сплошными основными линиями.

4. Если маркированию или клеймению подлежат определенные части изделий (головка болта, торец вала и т. п.), то знаки маркирования или клеймения на чертеж не наносят, а место нанесения маркировки или клейма указывают в технических требованиях.

5. Если указания о маркировании и клеймении помещают в технических условиях на изделие, то на чертеже изделия делают следующую запись: «Маркировать по ТУ...».

6. Если маркировка и клеймо необходимы, но нанесение их на изделие нецелесообразно или невозможно по конструктивным соображениям, то в технических требованиях помещают соответствующее указание, например: «Маркировать... на бирке» или «Клеймить... на бирке».

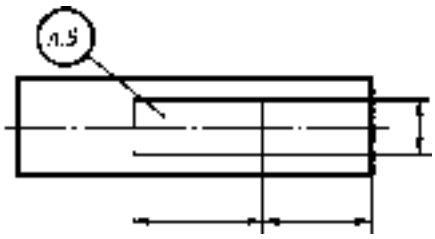
7. При необходимости ограничить участок поверхности для нанесения маркировки или клейма наносят сплошной тонкой линией границы участка и указывают его размеры (черт. 3) или изображают маркировку, или клеймо, наносимые на изделие.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в октябре 1969 г., августе 1980 г. (ИУС 11—69, 10—80)*



Черт. 3

8. Указания о маркировании и клеймении должны определять:

а) содержание маркировки и клейма;

б) место нанесения;

в) способ нанесения (при необходимости);

г) размер шрифта (при необходимости).

9. С целью сокращения объема надписей на чертеже допускается указания о содержании и способе нанесения маркировки или клейма приводить буквенными обозначениями, установленными приложением 1 к настоящему стандарту.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

ОБОЗНАЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И СПОСОБОВ НАНЕСЕНИЯ МАРКИРОВКИ И КЛЕЙМ

1. Содержание маркировки указывают буквенными обозначениями, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Содержание маркировки	Обозначение
Товарный знак, наименование предприятия-изготовителя	Т
Индекс изделия	Ш
Обозначение изделия по основному конструкторскому документу	Ч
Заводской номер изделия*	Н
Марка материала	М
Номер плавки, порядковый номер в плавке	П
Технические данные	Х
Группа селективности	С
Знаки полярности, направления вращения, направления потока среды и др. данные, необходимые для монтажа	З
Дата изготовления	Д
Цена изделия	Ц

* Под номером изделия понимается также номер партии или серии.

2. Содержание клейма указывают буквенными обозначениями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Содержание клейма	Обозначение
Испытания (контроль): механические, гидравлические, пневматические, электрические, на твердость и др.	И
Окончательная приемка	К

3. Способы нанесения маркировки или клейма указывают буквенными обозначениями, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Способ нанесения маркировки или клейма	Обозначение	Способ нанесения маркировки или клейма	Обозначение
Ударный	у	Краской	к
Гравированием	г	Литьем или давлением (прессованием, штамповкой и т. п.)	л
Травлением	т		

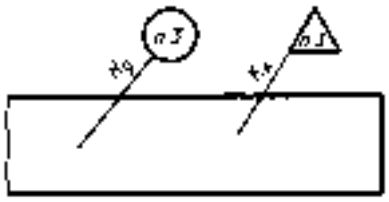
Примечание. Если маркировка или клеймо могут быть нанесены любым способом, то способ нанесения не указывают.

4. Обозначения и способы нанесения маркировки и клейма указывают на наклонном участке линии-выноски.

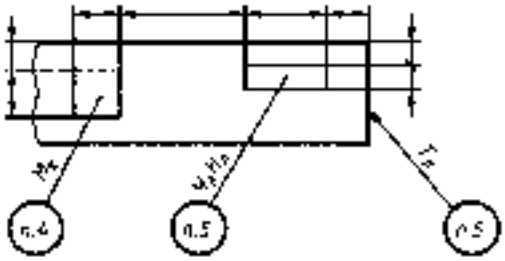
ПРИМЕР НАНЕСЕНИЯ на чертеже обозначений заводского номера изделия ударным способом и клейма окончательной приемки краской при наличии в технических условиях на изделие всех данных о маркировании и клеймении приведен на черт. 1.

При этом в технических требованиях чертежа делают запись по типу: «3. Маркировать и клеймить по ТУ...».

ПРИМЕР НАНЕСЕНИЯ на чертеже обозначений марки материала — краской, обозначения изделия, заводского номера его и товарного знака — литейным способом, при необходимости указания на чертеже отсутствующих в технических условиях данных о месте, способе нанесения и шрифте маркировки, приведен на черт. 2.



Черт. 1



Черт. 2

При этом в технических требованиях чертежа делают запись по типу:

а) если маркировки выполняются разным шрифтом, —

«4. Маркировать по ТУ . . . шрифтом . . . ГОСТ . . .» .

5. Маркировать по ТУ . . . , Чл — шрифтом . . . ГОСТ . . . Нл — шрифтом . . . ГОСТ . . . ».

«6. Маркировать по ТУ . . . шрифтом . . . ГОСТ . . .» :

б) если маркировки выполняются одним шрифтом, —

«4. Маркировать по ТУ . . . шрифтом . . . ГОСТ . . . ».

(Введено дополнительно, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Маркирование — нанесение на изделие знаков, характеризующих это изделие.

Маркировка — совокупность знаков, характеризующих изделие, например: обозначение, шифр, номер партии (серии), порядковый номер, дата изготовления, товарный знак предприятия-изготовителя, марка материала, группа селективности, монтажные или транспортные знаки и т. п.

Клеймение — нанесение на изделие знаков, удостоверяющих его качество.

Клеймо — знак, удостоверяющий качество изделия.

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ИЗОБРАЖЕНИЯ УПРОЩЕННЫЕ И УСЛОВНЫЕ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Unified system for design documentation.
Simplified and symbolic designations of fasteners

ГОСТ 2.315—68*

Взамен ГОСТ 3465—52

Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от декабря 1967 г. срок введения установлен

с 01.01.71

1. Настоящий стандарт устанавливает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах и чертежах общих видов всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1978—79.

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

Крепежные детали, у которых на чертеже диаметры стержней равны 2 мм и менее, изображают условно. Размер изображения должен давать полное представление о характере соединения.

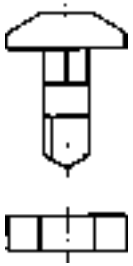
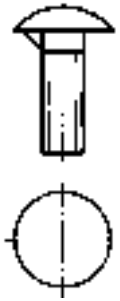
3. Упрощенные и условные изображения крепежных деталей должны соответствовать указанным в табл. 1.

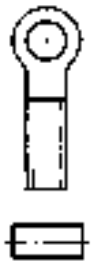
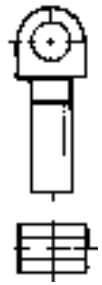
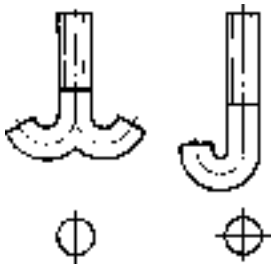
Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в декабре 1980 г., апреле 1998 г. (ИУС 3—81, 7—98)*

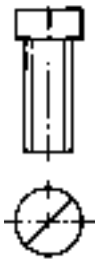
Таблица 1

Продолжение табл. 1

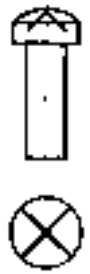
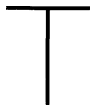
Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
1. Болты и винты:		
с шестигранной головкой		
с квадратной головкой		
с молоткообразной головкой		
2. Болты: с полукруглой головкой и усом		

Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
откидные с круглой головкой		
откидные с вилкой		
фундаментные		

Продолжение табл. 1

Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
3. Винты:		
с полукруглой головкой		
с цилиндрической головкой		
с цилиндрической головкой и сферой		

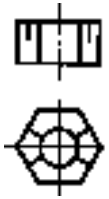
Продолжение табл. 1

Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
с полукруглой головкой и крестообразным шлицем		
с цилиндрической головкой, сферой и крестообразным шлицем		
с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ		

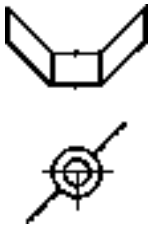
Продолжение табл. 1

Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
с полупотайной головкой		
с потайной головкой		
с потайной головкой и крестообразным шлицем		
с цилиндрической головкой саморежущие		

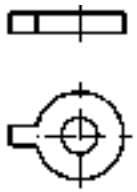
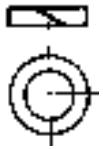
Продолжение табл. 1

Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
с потайной головкой и крестообразным шлицем саморежущие		
4. Гайки:		
круглые		
шестигранные		
шестигранные прорезные и корончатые		

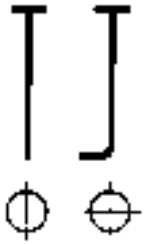
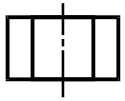
Продолжение табл. 1

Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
гайки-барашки		
5. Шурупы:		
с полукруглой головкой		
с потайной головкой		
с полупотайной головкой		

Продолжение табл. 1

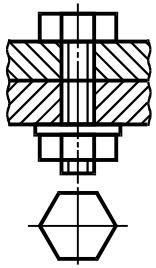
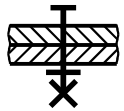
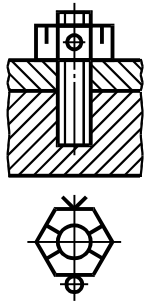
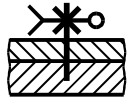
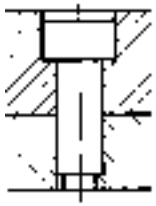
Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
6. Шпильки		
7. Шайбы:		
простые, стопорные и т. д.		
стопорные с язычком		
пружинные		

Окончание табл. 1

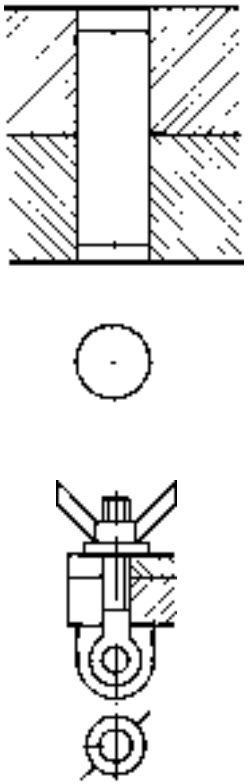
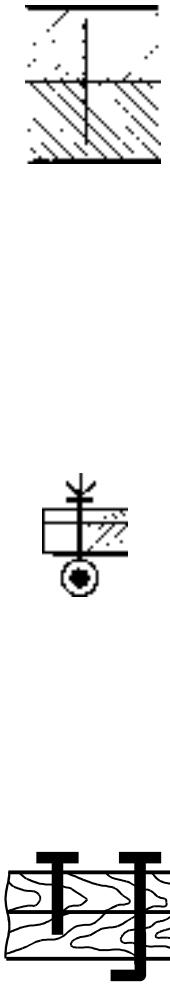
Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное
8. Штифты: цилиндрические		
конические		
9. Гвозди		
10. Шплинты		
11. Резьбовые вставки		

4. Примеры упрощенных и условных изображений крепежных деталей в соединениях даны в табл. 2.

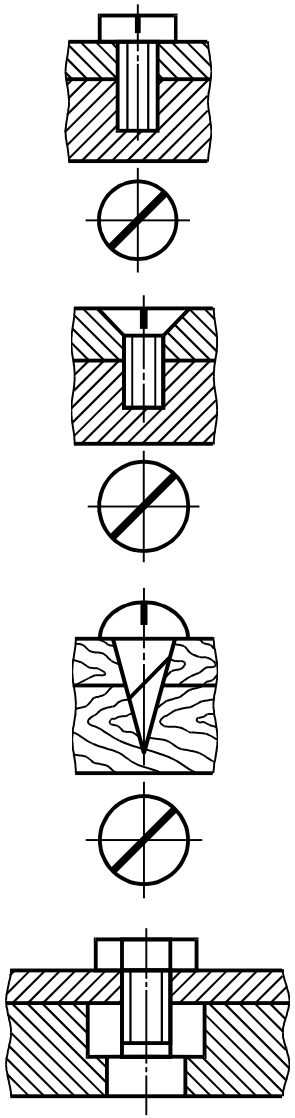
Таблица 2

Изображение	
упрощенное	условное
	
	
	
	

Продолжение табл. 2

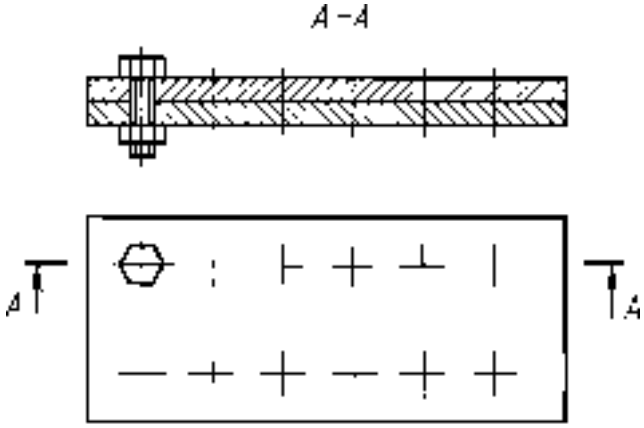
Изображение	
упрощенное	условное
	

Окончание табл. 2

Изображение	
упрощенное	условное
	

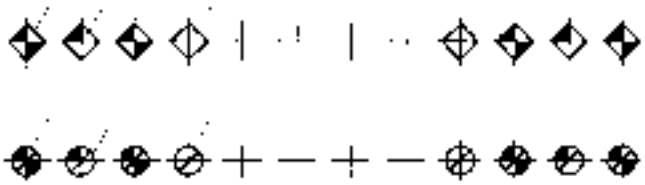
3, 4. **(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

5. Если предмет, изображенный на сборочном чертеже, имеет ряд однотипных соединений, то крепежные детали, входящие в эти соединения, следует показывать условно или упрощенно в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центровыми или осевыми линиями (черт. 1).



Черт. 1

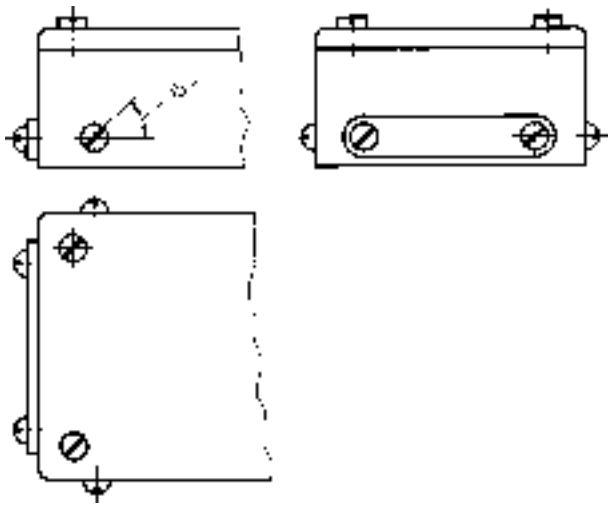
6. Если на чертеже имеется несколько групп крепежных деталей, различных по типам и размерам, то вместо нанесения повторяющихся номеров позиций рекомендуется одинаковые крепежные детали обозначать условными знаками, а номер позиции наносить только один раз (черт. 2).



Черт. 2

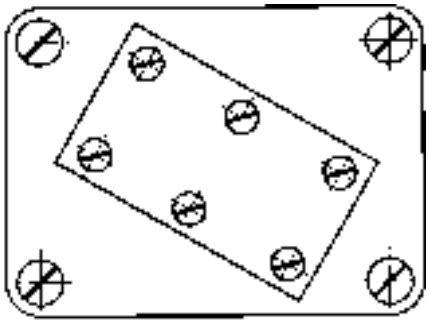
В строительных чертежах допускается одинаковые группы крепежных деталей обводить сплошной тонкой линией с поясняющей надписью на полке линии-выноски; при этом преобладающие крепежные детали не обводят и не оговаривают в общих указаниях к чертежу.

7. Шлицы на головках крепежных деталей следует изображать одной сплошной линией, как показано на черт. 3: на одном виде — по оси крепежной детали, на другом — под углом 45° к рамке чертежа.



Черт. 3

Если линия шлица, проведенная под углом 45° к рамке чертежа, совпадает с центровой линией или близка по направлению к ней, то линия шлица проводится под углом 45° к центровой линии (черт. 4).



Черт. 4

Изменение № 2 принято Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 12 от 21.11.97)

За принятие изменения проголосовали:

Наименование государства	Наименование национального органа стандартизации
Азербайджанская Республика	Азгосстандарт
Республика Армения	Армгосстандарт
Республика Казахстан	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизская Республика	Киргизстандарт
Республика Молдова	Молдовастандарт
Российская Федерация	Госстандарт России
Республика Таджикистан	Таджикгосстандарт
Туркменистан	Главная государственная инспекция Туркменистана
Республика Узбекистан	Узгосстандарт
Украина	Госстандарт Украины

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ НАДПИСЕЙ, ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И ТАБЛИЦ

Unified system for design documentation.
Rules for placing of inscriptions, technical data and tables on drawings

ГОСТ 2.316—68*
Взамен ГОСТ 5292—60 в части разд. VI и приложения, ГОСТ 3453—59 в части разд. VI

Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.
Срок введения установлен

с 01.01.71

1. Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на чертежи изделий всех отраслей промышленности.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 856—78, СТ СЭВ 6306—88.

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

2. Кроме изображения предмета с размерами и предельными отклонениями, чертеж может содержать:

а) текстовую часть, состоящую из технических требований и (или) технических характеристик;

б) надписи с обозначением изображений, а также относящиеся к отдельным элементам изделия;

в) таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, контрольными комплексами, условными обозначениями и т. д.

3. Выполнение основной надписи чертежа должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104—68 и ГОСТ 2.109—73.

4. Текстовую часть, надписи и таблицы включают в чертеж в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями.

5. Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В надписях на чертежах не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых, а также установленных в стандартах и указанных в приложении к настоящему стандарту.

6. Текст на поле чертежа, таблицы, надписи с обозначением изображений, а также надписи, связанные непосредственно с изображением, как правило, располагают параллельно основной надписи чертежа.

7. Около изображений на полках линий-выносок наносят только краткие надписи, относящиеся непосредственно к изображению предмета, например, указания о количестве конструктивных элементов (отверстий, канавок и т. п.), если они не внесены в таблицу, а также указания лицевой стороны, направления проката, волокон и т. п.

8. Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от какой-либо линии, заканчивают точкой (черт. 1*а*).

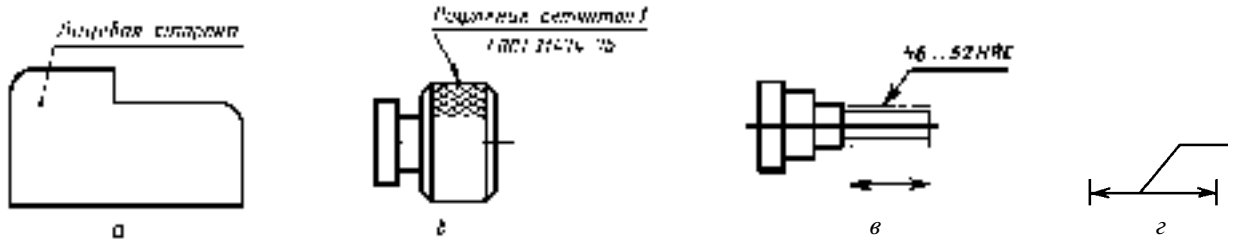
Линию-выноску, отводимую от линий видимого и невидимого контура, а также от линий, обозначающих поверхности, заканчивают стрелкой (черт. 1б, *в*).

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в июле 1980 г., марте 1989 г. (ИУС 11—80, 7—89)*

На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни стрелки, ни точки (черт. 1*г*).

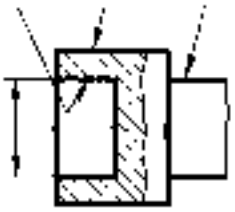


Черт. 1

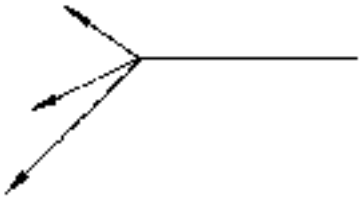
(Измененная редакция, Изм. № 1).

9. Линии-выноски должны не пересекаться между собой, быть непараллельными линиям штриховки (если линия-выноска проходит по заштрихованному полю) и не пересекать, по возможности, размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись.

Допускается выполнять линии-выноски с одним изломом (черт. 2), а также проводить от одной полки две и более линии-выноски (черт. 3).



Черт. 2



Черт. 3

10. Надписи, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней.

11. Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью.

Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т. п.

На листах формата более 11 допускается размещение текста в две и более колонки. Ширина колонки должна быть не более 185 мм.

На чертеже оставляют место для продолжения таблицы изменений.

12. На чертеже изделия, для которого стандартом установлена таблица параметров (например, зубчатого колеса, червяка и т. п.), ее помещают по правилам, установленным соответствующим стандартом. Все другие таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполняют по ГОСТ 2.105—95.

13. Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, по возможности в следующей последовательности:

а) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали (электрические, магнитные, диэлектрические, твердость, влажность, гигроскопичность и т. д.), указание материалов-заменителей;

б) размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, массы и т. п.;

в) требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;

г) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;

д) требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;

е) другие требования к качеству изделий, например: бесшумность, виброустойчивость, самоторможение и т. д.;

ж) условия и методы испытаний;

з) указания о маркировании и клеймении;

и) правила транспортирования и хранения;

к) особые условия эксплуатации;

л) ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

14. Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт технических требований записывают с новой строки.

15. Заголовок «Технические требования» не пишут.

16. В случае, если необходимо указать техническую характеристику изделия, ее размещают отдельно от технических требований, с самостоятельной нумерацией пунктов, на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». При этом над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Оба заголовка не подчеркивают.

17. При выполнении чертежа на двух и более листах текстовую часть помещают только на первом листе независимо от того, на каких листах находятся изображения, к которым относятся указания, приведенные в текстовой части.

Надписи, относящиеся к отдельным элементам предмета и наносимые на полках линий-выносок, помещают на тех листах чертежа, на которых они являются наиболее необходимыми для удобства чтения чертежа.

18. Для обозначения на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений), поверхностей, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением букв Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь.

Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и, как правило, без пропусков, независимо от количества листов чертежа. Предпочтительно обозначать сначала изображения.

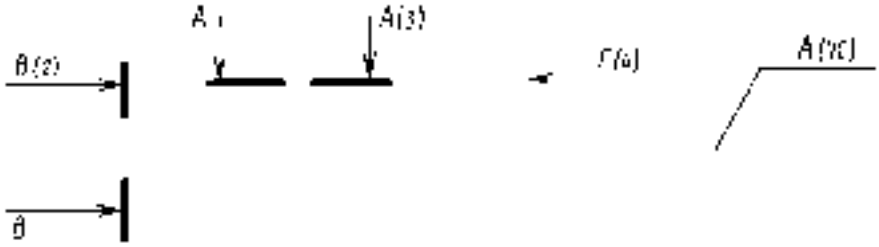
В случае недостатка букв применяют цифровую индексацию, например: «А»; «$А_1$»; «$А_2$»; «Б—Б»; «$Б_1$—$Б_1$»; «$Б_2$—$Б_2$».

19. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в два раза.

20. Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают непосредственно после надписи, относящейся к изображению, например:

А — А (1:1); Б (5:1); А (2:1).

Если на чертеже отыскание дополнительных изображений (сечений, разрезов, дополнительных видов, выносных элементов) затруднено вследствие большой насыщенности чертежа или выполнения его на двух и более листах, то у обозначения дополнительных изображений указывают номера листов или обозначения зон, на которых эти изображения помещены (черт. 4).



Черт. 4

В этих случаях над дополнительными изображениями у их обозначений указывают номера листов или обозначения зон, на которых дополнительные изображения отмечены (черт. 5).



Черт. 5

21. Таблицы, помещенные на чертеже, нумеруют в пределах чертежа при наличии ссылок на них в технических требованиях. При этом над таблицей справа ставят слово «Таблица» с порядковым номером (без знака №).

Если на чертеже только одна таблица, то ее не нумеруют и слово «Таблица» не пишут.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОПУСКАЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ СЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОСНОВНЫХ НАДПИСЯХ, ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЯХ И ТАБЛИЦАХ НА ЧЕРТЕЖАХ И СПЕЦИФИКАЦИЯХ

Полное наименование	Сокращение	Полное наименование	Сокращение
Без чертежа	БЧ	Плоскость	плоск.
Ведущий	Вед.*	Поверхность	поверхн.
Верхнее отклонение	верхн. откл.	Подлинник	подл.
Взамен	взам.	Подпись	подп.*
Внутренний	внутр.	Позиция	поз.
Главный	Гл.*	Покупка, покупной	покуп.
Глубина	глуб.	По порядку	п/п
Деталь	дет.	Правый	прав.
Длина	дл.	Предельное отклонение	пред. откл.
Документ	докум.	Приложение	прилож.
Дубликат	дубл.	Примечание	примеч.
Заготовка	загот.	Проверил	Пров.
Зенковка, зенковать	зенк.	Пункт	п.
Извещение	изв.	Пункты	пп.
Изменение	изм.	Разработал	Разраб.*
Инвентарный	инв.	Рассчитал	Рассч.*
Инженер	Инж.*	Регистрация, регистрационный	регистр.
Инструмент	инстр.		
Исполнение	исполн.	Руководитель	Рук.*
Класс (точности, чистоты)	кл.	Сборочный чертеж	сб. черт.
Количество	кол.	Свыше	св.
Конический	конич.	Сечение	сеч.
Конструктор	Констр.*	Специальный	спец.
Конструкторский отдел	КО*	Спецификация	специф.
Конструкторское бюро	КБ*	Справочный	справ.
Конусность	конусн.	Стандарт, стандартный	станд.
Конусообразность	конусообр.	Старший	Ст.*
Лаборатория	лаб.*	Страница	стр.
Левый	лев.	Таблица	табл.
Литера	лит.	Твердость	тв.
Металлический	металл.	Теоретический	теор.
Металлург	Мет.*	Технические требования	ТТ
Механик	Мех.*	Технические условия	ТУ
Наибольший	наиб.	Техническое задание	ТЗ
Наименьший	наим.	Технолог	Техн.*
Наружный	нар.	Технологический контроль	Т. контр.*
Начальник	Нач.*	Ток высокой частоты	ТВЧ
Нормоконтроль	Н. контр.	Толщина	толщ.
Нижнее отклонение	нижн. откл.	Точность, точный	точн.
Номинальный	номин.	Утвердил	Утв.
Обеспечить	обеспеч.	Условное давление	усл. давл.
Обработка, обрабатывать	обраб.	Условный проход	усл. прох.
Отверстие	отв.	Химический	хим.
Отверстие центровое	отв. центр.	Цементация, цементировать	цемент.
Относительно	относит.	Центр масс	Ц. М.
Отдел	отд.*	Цилиндрический	цилиндр.
Отклонение	откл.	Чертеж	черт.
Первичная применяемость	перв. примен.*	Шероховатость	шерох.
		Экземпляр	экз.

Примечания:
1. Сокращения, отмеченные знаком «*», применяют только в основной надписи.
2. Сокращение «табл.» применяют в тексте только в тех случаях, когда таблицы имеют номера.

МКС 01.080.30
Группа Т52

Изменение № 3 ГОСТ 2.316—68 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц

Принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 1 по переписке от 17.01.2002)

Зарегистрировано Бюро по стандартам МГС № 4046

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: AZ, AM, BY, KZ, KG, MD, RU, TJ, TM, UZ [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004]

Пункт 1. Второй абзац исключить.

Пункт 11. Третий абзац. Заменить обозначение формата: 11 на А4.

Пункт 18 дополнить абзацем:

«Буквенные обозначения не подчеркивают».

Пункт 21 исключить.

Приложение. Исключить наименование: «Таблица», «табл.»;

заменить сокращение: «стр.» на «с.»;

примечания изложить в новой редакции:

«П р и м е ч а н и е. Сокращения, отмеченные знаком «*», применяют только в основной надписи».

(ИУС № 3 2003 г.)

УДК 744.4:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Unified system for design documentation.
Axonometric projections

ГОСТ 2.317—69*

Взамен ГОСТ 2.305—68 в части приложения

Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 14 октября 1969 г. № 1118 срок введения установлен

с 01.01.71

Настоящий стандарт устанавливает аксонометрические проекции, применяемые в чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1979—79.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ

1.1. Изометрическая проекция

1.1.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 1.

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

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

1.1.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (черт. 2).

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

Если изометрическую проекцию выполняют с искажением по осям *x*, *y*, *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна диаметру окружности, а малая ось — 0,58 диаметра окружности.

1.1.4. Пример изометрической проекции детали приведен на черт. 3.

1.2. Диметрическая проекция

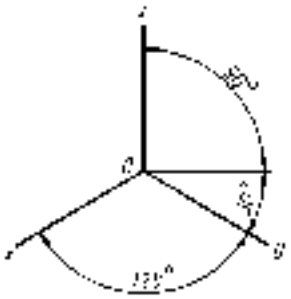
1.2.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 4.

1.2.2. Коэффициент искажения по оси *y* равен 0,47, а по осям *x* и *z* — 0,94.

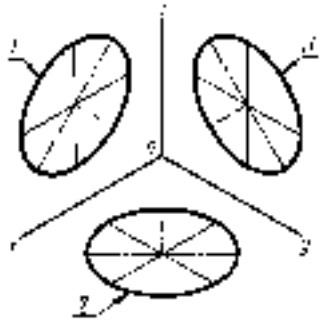
Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям *x* и *z* и с коэффициентом искажения 0,5 по оси *y*.

Издание официальное ★ **Перепечатка воспрещена**

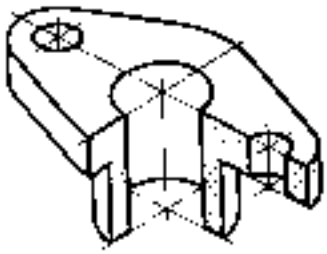
** Издание (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в августе 1980 г. (ИУС 11—80)*



Черт. 1



1 — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *y*);
2 — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *z*);
3 — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *x*).



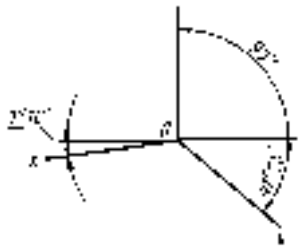
Черт. 3

1.2.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (черт. 5).

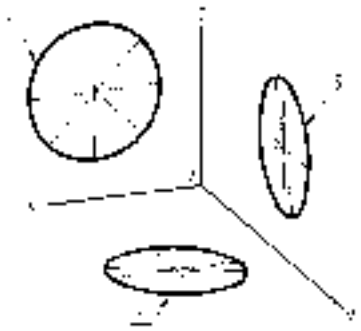
Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x* и *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна 1,06 диаметра окружности, а малая ось эллипса *1* — 0,95, эллипсов *2* и *3* — 0,35 диаметра окружности.

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

1.2.4. Пример диметрической проекции детали приведен на черт. 6.



Черт. 4



1 — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *y*); *2* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *z*); *3* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *x*).

Черт. 5



Черт. 6

2. КОСОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ

2.1. Фронтальная изометрическая проекция

2.1.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 7.

Допускается применять фронтальные изометрические проекции с углом наклона оси *y* 30 и 60 °.

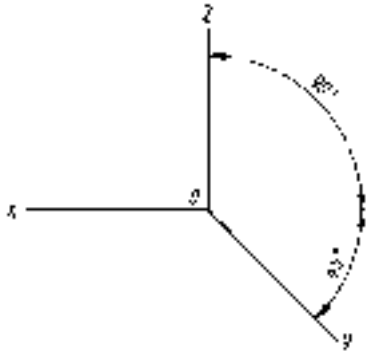
2.1.2. Фронтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x*, *y*, *z*.

2.1.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций,

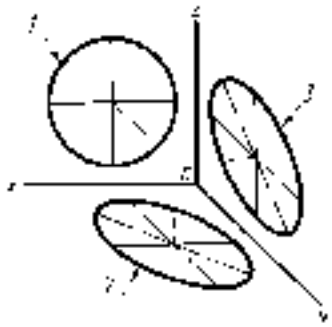
проецируются на аксонометрическую плоскость в окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, — в эллипсы (черт. 8).

Большая ось эллипсов *2* и *3* равна 1,3, а малая ось — 0,54 диаметра окружности.

2.1.4. Пример фронтальной изометрической проекции детали приведен на черт. 9.

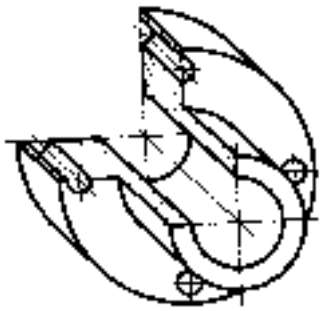


Черт. 7



1 — окружность; *2* — эллипс (большая ось составляет с осью *x* угол 22°30′); *3* — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 22°30′).

Черт. 8



Черт. 9

2.2. Горизонтальная изометрическая проекция

2.2.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 10.

Допускается применять горизонтальные изометрические проекции с углом наклона оси *y* 45 и 60 °, сохраняя угол между осями *x* и *y* 90 °.

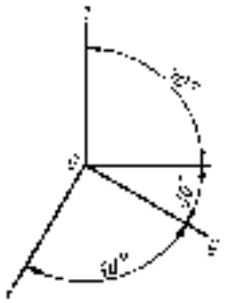
2.2.2. Горизонтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x*, *y* и *z*.

2.2.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной и профильной плоскостям проекций — в эллипсы (черт. 11).

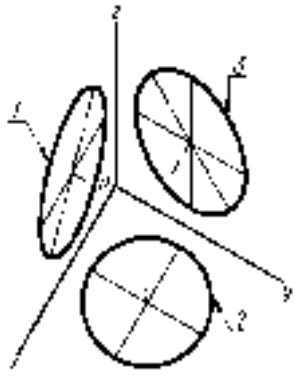
Большая ось эллипса *1* равна 1,37, а малая ось — 0,37 диаметра окружности.

Большая ось эллипса *3* равна 1,22, а малая ось — 0,71 диаметра окружности.

2.2.4. Пример горизонтальной изометрической проекции приведен на черт. 12.

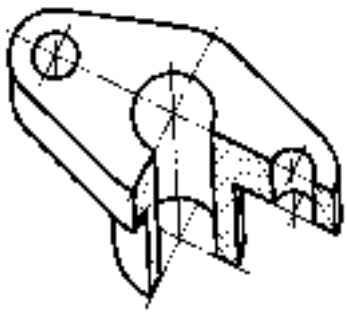


Черт. 10



1 — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 15 °); *2* — окружность; *3* — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 30 °)

Черт. 11



Черт. 12

2.3. Фронтальная диметрическая проекция

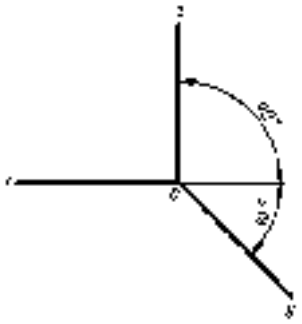
2.3.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 13.

Допускается применять фронтальные диметрические проекции с углом наклона оси *y* 30 и 60 °.

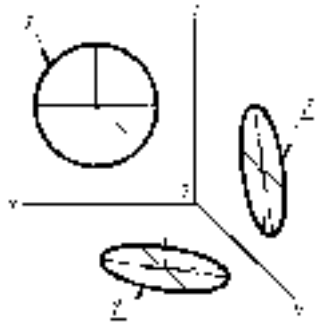
Коэффициент искажения по оси *y* равен 0,5, а по осям *x* и *z* — 1.

2.3.2. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, — в эллипсы (черт. 14). Большая ось эллипсов *2* и *3* равна 1,07, а малая ось — 0,33 диаметра окружности.

2.3.3. Пример фронтальной диметрической проекции детали приведен на черт. 15.

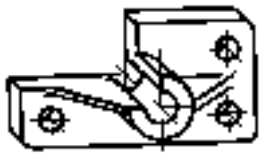


Черт. 13



1 — окружность; *2* — эллипс (большая ось составляет с осью *x* угол 7°14′); *3* — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 7°14′).

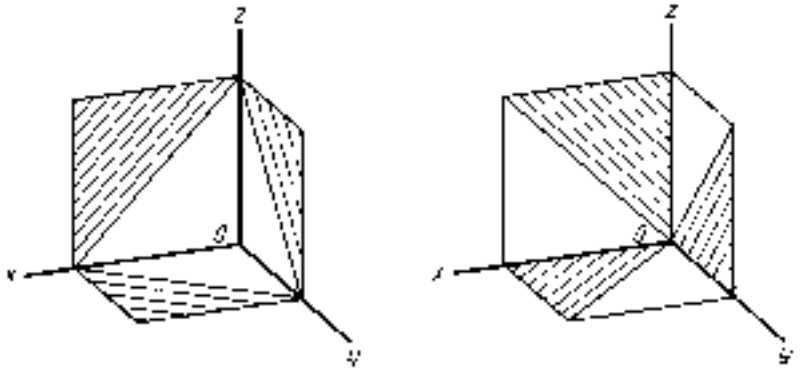
Черт. 14



Черт. 15

3. УСЛОВНОСТИ И НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

3.1. Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (черт. 16).



Черт. 16

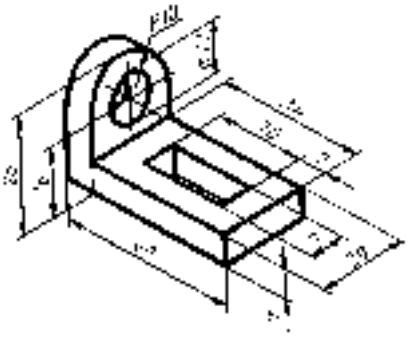
3.2. При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии — параллельно измеряемому отрезку (черт. 17).

3.3. В аксонометрических проекциях спицы маховиков и шкивов, ребра жесткости и подобные элементы штрихуют (см. черт. 6).

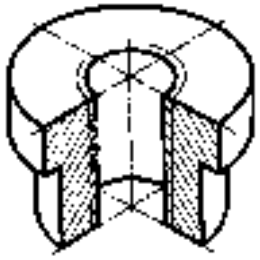
3.4. При выполнении в аксонометрических проекциях зубчатых колес, реек, червяков и подобных элементов допускается применять условности по ГОСТ 2.402—68.

В аксонометрических проекциях резьбу изображают по ГОСТ 2.311—68.

Допускается изображать профиль резьбы полностью или частично, как показано на черт. 18.



Черт. 17



Черт. 18

3.5. В необходимых случаях допускается применять другие теоретически обоснованные аксонометрические проекции.

УДК 744.4:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ПРАВИЛА УПРОЩЕННОГО НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ

ГОСТ 2.318—81

Unified system for design documentation.
Rules of simplified marking of hole dimensions

Дата введения 01.01.82

1. Настоящий стандарт устанавливает правила упрощенного нанесения размеров отверстий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

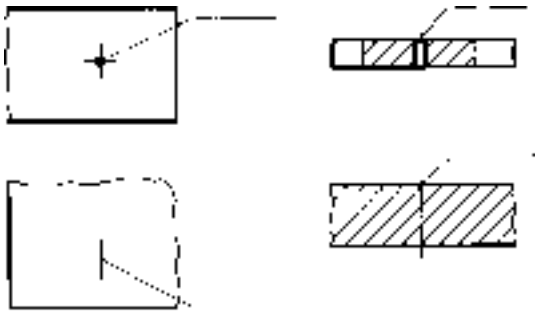
2. Размеры отверстий на чертежах допускается наносить упрощенно в следующих случаях:

диаметр отверстия на изображении — 2 мм и менее;

отсутствует изображение отверстий в разрезе (сечении) вдоль оси;

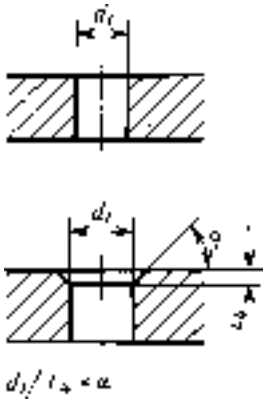
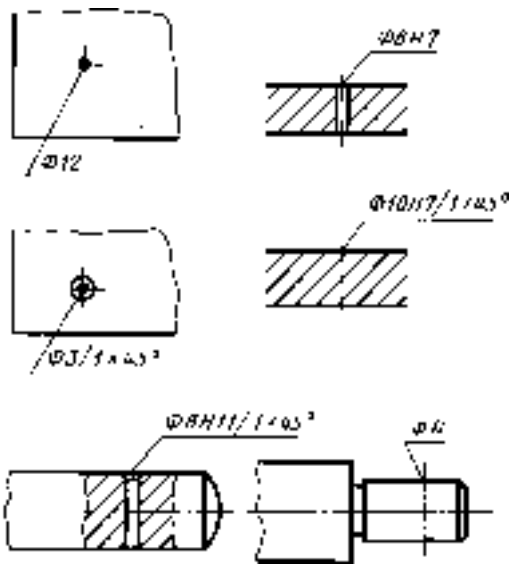
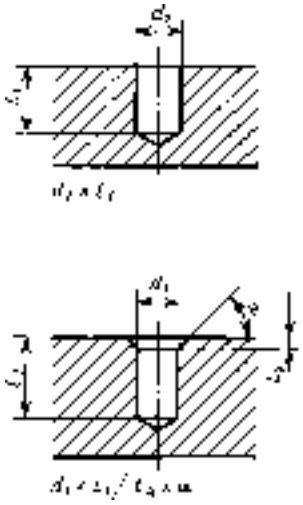
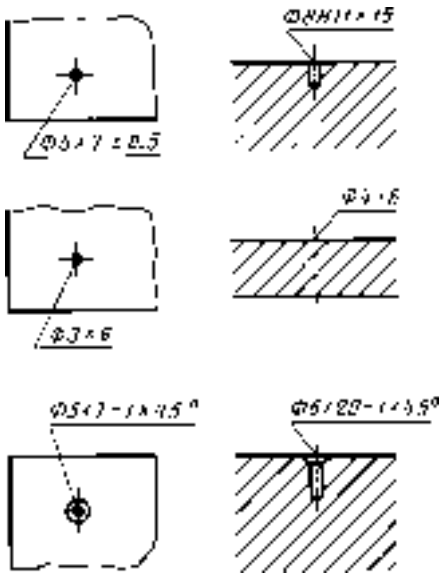
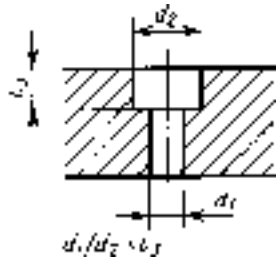
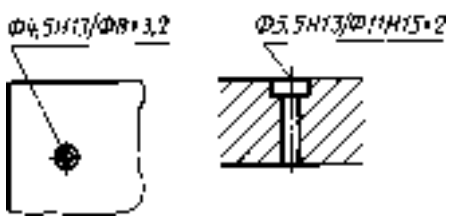
нанесение размеров отверстий по общим правилам усложняет чтение чертежа.

3. Размеры отверстий следует указывать на полке линии-выноски, проведенной от оси отверстия (см. чертеж).

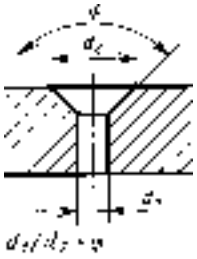
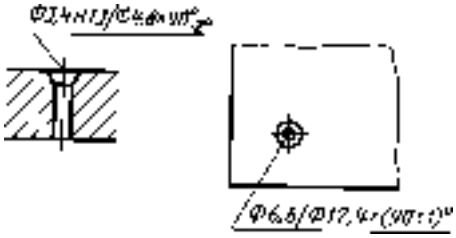
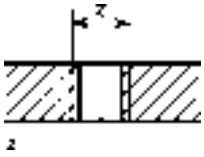
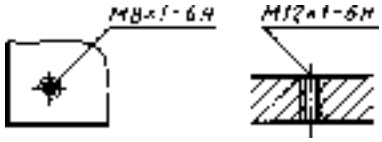
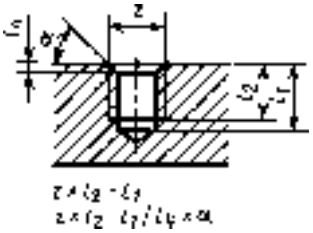
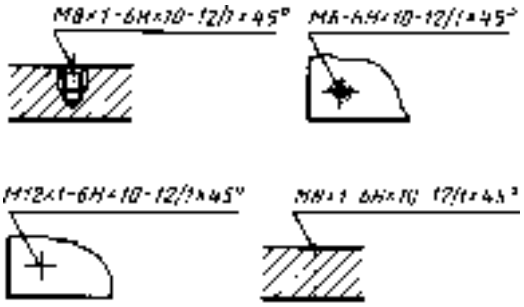
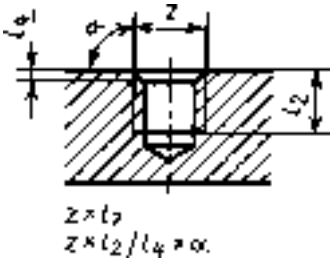
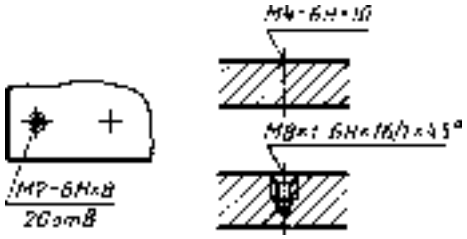
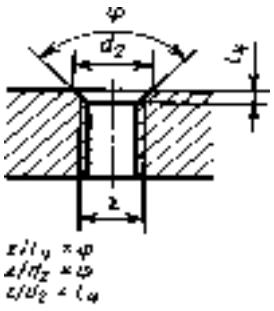
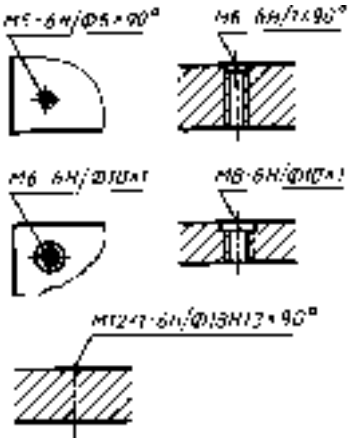


4. Примеры упрощенного нанесения размеров отверстий приведены в таблице.

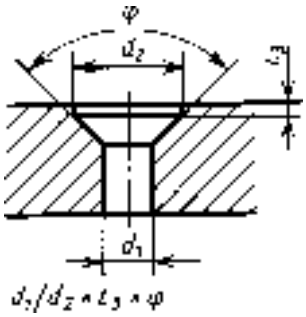
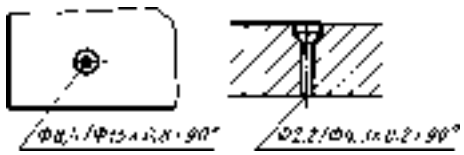
Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

Тип отверстия	Пример упрощенного нанесения размеров отверстия
1. 	
2. 	
3. 	

Продолжение

Тип отверстия	Пример упрощенного нанесения размеров отверстия
4. 	
5. 	
6. 	
7. 	
8. 	

Продолжение

Тип отверстия	Пример упрощенного нанесения размеров отверстия
9. 	

Обозначения элементов отверстий, используемые в структуре записей для различных типов отверстий:

d_1 — диаметр основного отверстия;
d_2 — диаметр зенковки;
l_1 — длина цилиндрической части основного отверстия;
l_2 — длина резьбы в глухом отверстии;
l_3 — глубина зенковки;
l_4 — глубина фаски;
z — обозначение резьбы по стандарту;
φ — центральный угол зенковки;
α — угол фаски.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30.10.81 № 4771

3. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1977—79

4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в сентябре 1987 г. (ИУС 12—87)

УДК 62-434.5:621.753.1/.2:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ, ДОПУСКОВ И ПОСАДОК КОНУСОВ

ГОСТ 2.320—82

Unified system for design documentation. Rules of drawing of dimensions, tolerances and taper fits

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1982 г. № 5293 дата введения установлена 01.01.84

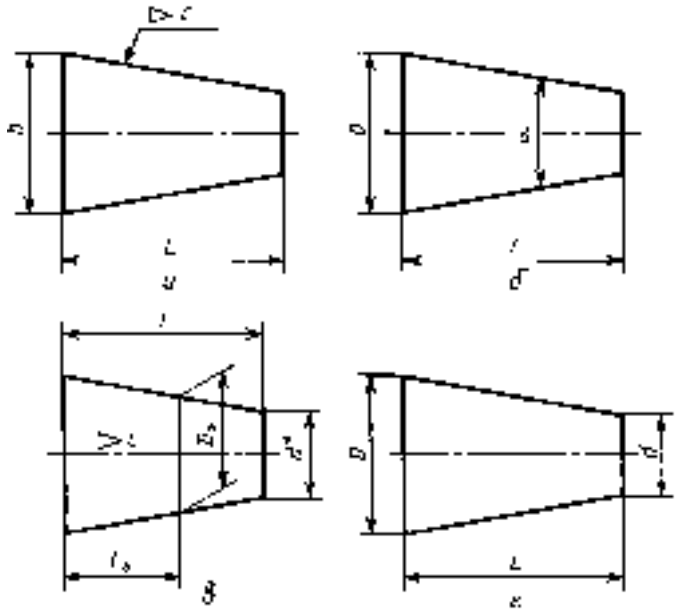
Настоящий стандарт устанавливает общие правила нанесения размеров, их предельных отклонений и допусков формы конусов и посадок конических соединений на чертежах всех отраслей промышленности.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 3332—81.

Допуски и посадки — по ГОСТ 25307—82.

1. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

1.1. Величину и форму конуса определяют нанесением трех из перечисленных размеров (черт. 1):



Черт. 1

1) диаметр большого основания D;
2) диаметр малого основания d;
3) диаметр в заданном поперечном сечении D_s, имеющем заданное осевое положение L_s;
4) длина конуса L;
5) угол конуса α;
6) конусность c.

Допускается указывать дополнительные размеры, как справочные (черт. 1*в*).

1.2. Размеры стандартизованных конусов на чертеже не указывают, а приводят на полке линии-выноски условное обозначение по соответствующему стандарту.

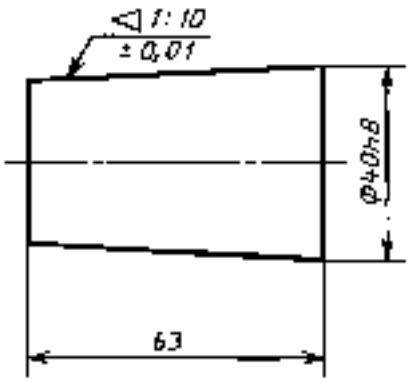
2. НАНЕСЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ И ДОПУСКОВ КОНУСОВ

2.1. Предельные отклонения размеров конусов следует наносить в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68 и настоящего стандарта.

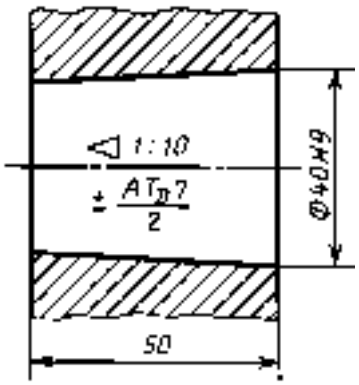
2.2. Предельные отклонения угла конуса, если конус определен конусностью, следует наносить непосредственно под обозначением конусности:

числовыми значениями AT_D (черт. 2);

условными обозначениями (черт. 3);

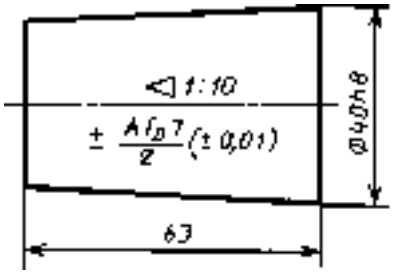


Черт. 2

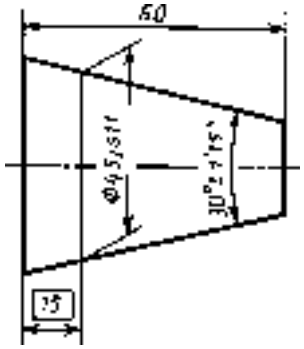


Черт. 3

условными обозначениями с указанием в скобках числовых значений соответствующих предельных отклонений (черт. 4).



Черт. 4

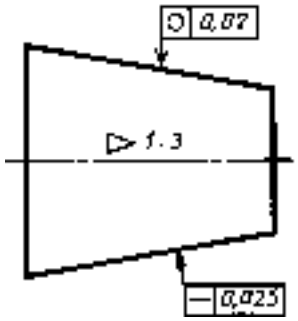


Черт. 5

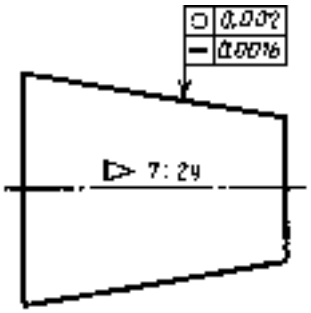
2.3. Предельные отклонения угла конуса, если конус определен углом, следует указывать числовыми значениями AT_α' непосредственно после номинального размера (черт. 5).

2.4. Допуски формы конуса (допуск круглости и допуски прямолинейности образующей) следует наносить в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308—79 (черт. 6).

При указании допуска прямолинейности образующей на конусах с конусностью не более 1:3 допускается соединительную линию от рамки проводить перпендикулярно оси конуса (черт. 7).

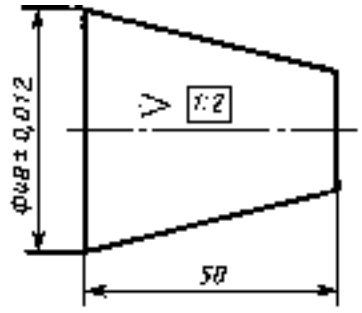


Черт. 6

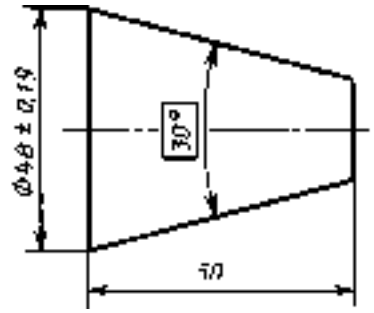


Черт. 7

2.5. Если задан допуск T_D диаметра конуса в любом сечении, то значение конусности или угла конуса следует заключить в прямоугольную рамку (черт. 8, 9).

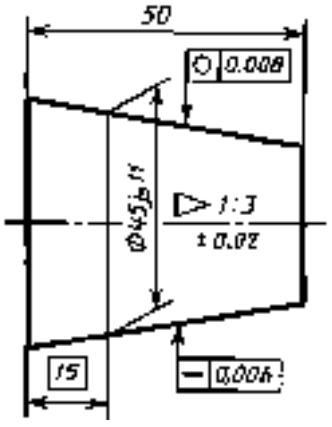


Черт. 8

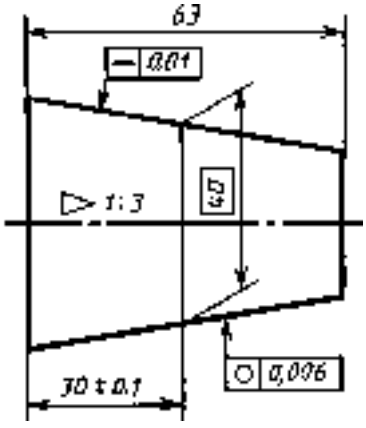


Черт. 9

2.6. Если задан допуск T_D диаметра конуса в заданном сечении, то значение расстояния L_s от базовой плоскости до основной следует заключить в прямоугольную рамку (черт. 10).



Черт. 10

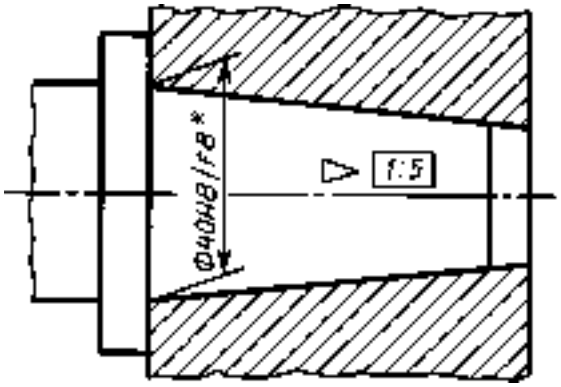


Черт. 11

2.7. Если заданы предельные отклонения размера, определяющего осевое положение основной плоскости конуса L_s, то значение номинального диаметра D_s следует заключить в прямоугольную рамку (черт. 11).

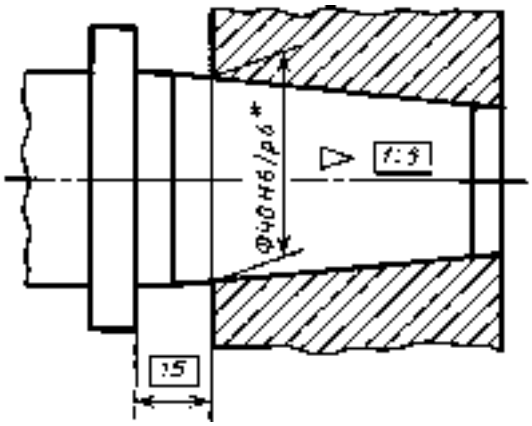
3. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ПОСАДОК НА КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

3.1. При посадке с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов размеры, определяющие характер соединения, на сборочном чертеже могут быть указаны только как справочные (черт. 12).



Черт. 12

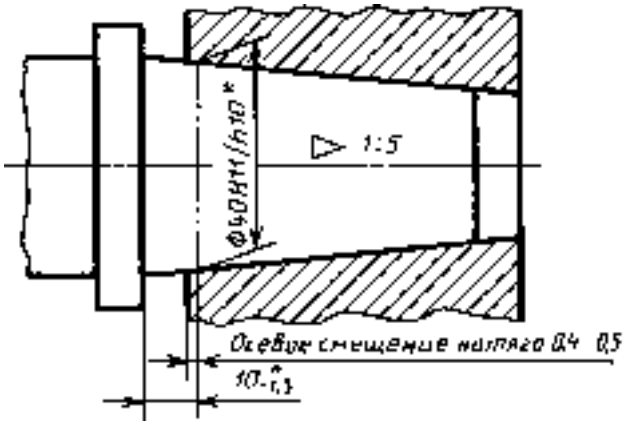
3.2. При посадке с фиксацией по заданному осевому расстоянию z_{pf} между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов должен быть нанесен размер, определяющий расстояние между базовыми плоскостями, заключенный в прямоугольную рамку, а размер, определяющий характер соединения, может быть указан как справочный (черт. 13).



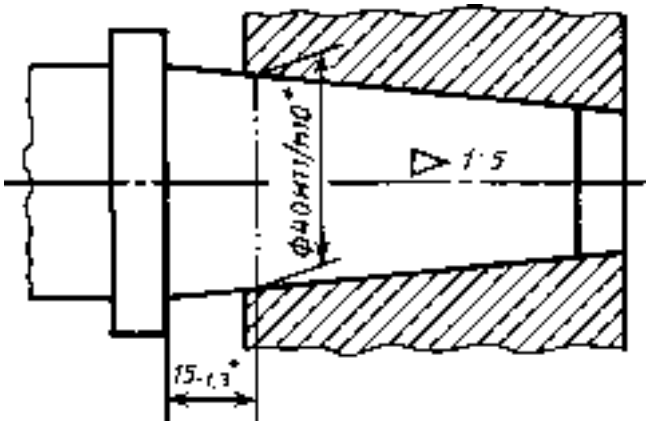
Черт. 13

3.3. При посадке с фиксацией по заданному взаимному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения должен быть указан размер осевого смещения, а начальное положение конусов отмечается штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками. Размеры, определяющие начальное базорасстояние соединения и сочетание полей допусков сопрягаемых конусов, могут быть указаны как справочные (черт. 14).

3.4. При посадке с фиксацией по заданному усилию запрессовки F_s, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов, заданное усилие запрессовки следует указывать в технических требованиях чертежа, например, «Усилие запрессовки F_s = . . . *Н*». Размеры, определяющие начальное базорасстояние соединения и сочетание полей допусков сопрягаемых конусов, могут быть указаны как справочные (черт. 15).



Черт. 14



Черт. 15

УДК 744:003.62:006.354 Группа Т52

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Единая система конструкторской документации

ОБОЗНАЧЕНИЯ БУКВЕННЫЕ

Unified system for design documentation.
Letter designations

ГОСТ 2.321—84

Взамен ГОСТ 3452—59

ОКСТУ 0002

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 марта 1984 г. № 1148 срок введения установлен

с 01.01.85

1. Настоящий стандарт устанавливает основные буквенные обозначения, применяемые в конструкторских документах всех отраслей промышленности.

2. Для перечисленных ниже величин устанавливаются следующие буквенные обозначения:

Длина	*L, l*
Ширина	*B, b*
Высота, глубина	*H, h*
Толщина (листов, стенок, ребер и т. д.)	*s*
Диаметр	*D, d*
Радиус	*R, r*
Межосевое и межцентровое расстояние	*A, a*
Шаг: винтовых пружин, болтовых соединений, заклепочных соединений и т. п., кроме зубчатых зацеплений и резьб	*t*
Углы	α, β, γ, δ и другие строчные буквы греческого алфавита

3. Прописные буквы рекомендуется применять для обозначения габаритных и суммарных размеров.

4. В случае обозначения в одном документе различных величин одной и той же буквой следует применять цифровые или буквенные индексы, или их комбинацию, причем, первый цифровой индекс рекомендуется присваивать второй величине, обозначенной данной буквой, второй индекс — третьей величине и т. д., например: d, d_1, d_2, b_n, b_{n1}, b_{n2}.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★ *Переиздание. Июль 2001 г.*

Содержание

ГОСТ 2.301—68 Единая система конструкторской документации. Форматы . . . 3
ГОСТ 2.302—68 Единая система конструкторской документации. Масштабы . . . 5
ГОСТ 2.303—68 Единая система конструкторской документации. Линии . . . 6
ГОСТ 2.304—81 Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные . . . 12
ГОСТ 2.305—68 Единая система конструкторской документации. Изображения — виды, разрезы, сечения . . . 33
ГОСТ 2.306—68 Единая система конструкторской документации. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах . . . 48
ГОСТ 2.307—68 Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений . . . 54
ГОСТ 2.308—79 Единая система конструкторской документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей . . . 75
ГОСТ 2.309—73 Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей . . . 95
ГОСТ 2.310—68 Единая система конструкторской документации. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки . . . 102
ГОСТ 2.311—68 Единая система конструкторской документации. Изображение резьбы . . . 107
ГОСТ 2.312—72 Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений . . . 112
ГОСТ 2.313—82 Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений . . . 121
ГОСТ 2.314—68 Единая система конструкторской документации. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий . . . 127
ГОСТ 2.315—68 Единая система конструкторской документации. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей . . . 130
ГОСТ 2.316—68 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц . . . 139
ГОСТ 2.317—69 Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции . . . 144
ГОСТ 2.318—81 Единая система конструкторской документации. Правила упрощенного нанесения размеров отверстий . . . 149
ГОСТ 2.320—82 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов . . . 153
ГОСТ 2.321—84 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные . . . 158

ЕДИНАЯ СИСТЕМА
КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *В.Е. Нестерова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 07.08.2001. Подписано в печать 14.09.2001. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,60. Уч.-изд. л. 15,50. Тир. 2000 экз.
Зак. 1002. Изд. № 2772/2. С 2026.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ.
Калужская типография стандартов, 248021, Калуга, ул. Московская, 256
ПЛР № 040138

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

4-е издание, исправленное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4

1.ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА 5

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ 9

3. ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ» 10

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 12

4.1. Соединение труб муфтами 12

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой 12

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой 17

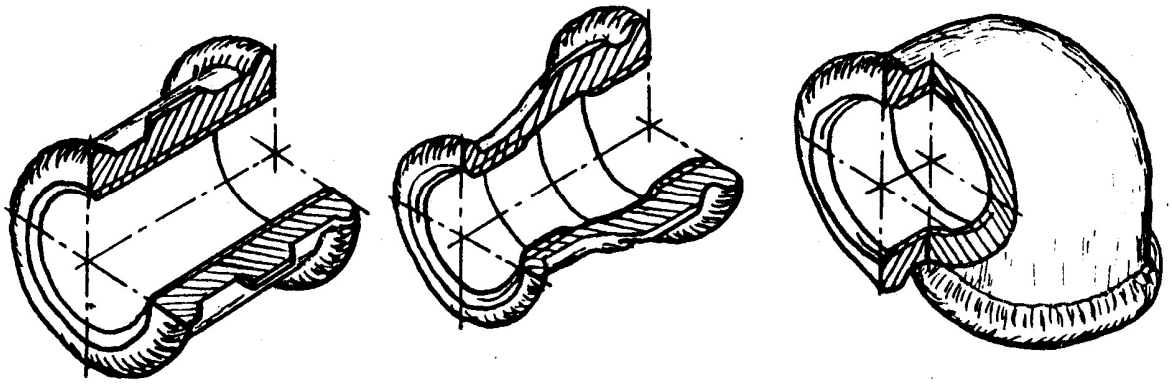
4.2. Соединение труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами 19

4.3. Перекрытие труб колпаком 23

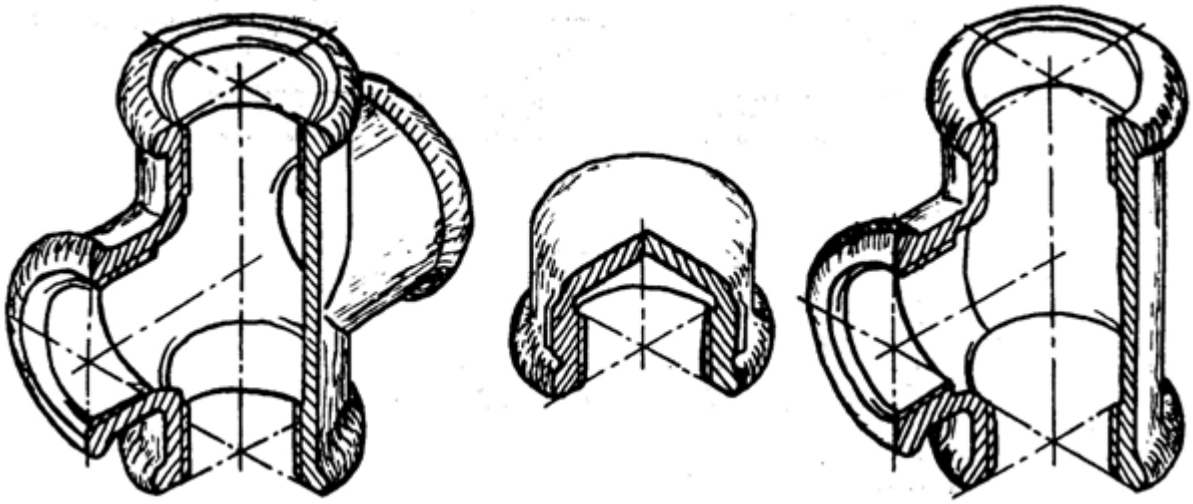
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 26

ВВЕДЕНИЕ

В промышленности трубы, имеющие на концах наружную резьбу, соединяются соединительными частями (фитингами), которые имеют резьбу в отверстиях. Виды резьбовых трубных соединений определяются условиями их работы. В обычных трубопроводах с нормальным давлением (в системах отопления, вентиляции, газификации, водоснабжения) чаще всего имеют место соединения труб деталями с трубной цилиндрической резьбой.



Муфта прямая Муфта переходная Угольник прямой



Крест прямой Колпак Тройник прямой

Рис. 1. Соединительные части (фитинги)

Соединительные части - фитинги (рис. 1) – позволяют соединить сразу несколько труб, устраивать ответвления под разными углами, переходы с одного диаметра на другой и т. д. Фитинги изготавливают из ковкого чугуна для условных проходов от 8 до 150 мм. Для придания фитингам из ковкого чугуна необходимой жесткости их снабжают по краям буртиками, а муфты для обеспечения лучшего захвата газовым ключом – несколькими ребрами, расположенными на боковой поверхности по направлению образующих.

1. ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ РЕЗЬБА

Профиль трубной цилиндрической резьбы – равнобедренный треугольник с углом α=55°, вершины и впадины профиля закруглены, а в соединении между вершинами и впадинами наружной и внутренней резьбы отсутствуют зазоры. Трубная резьба разработана в дюймовой системе (1 дюйм = 1″=25,4 мм).

Шаг трубной резьбы задают косвенным способом: указывают число ниток резьбы, укладывающихся на 1″. Это число ниток стандартизовано в пределах от 28 до 11.

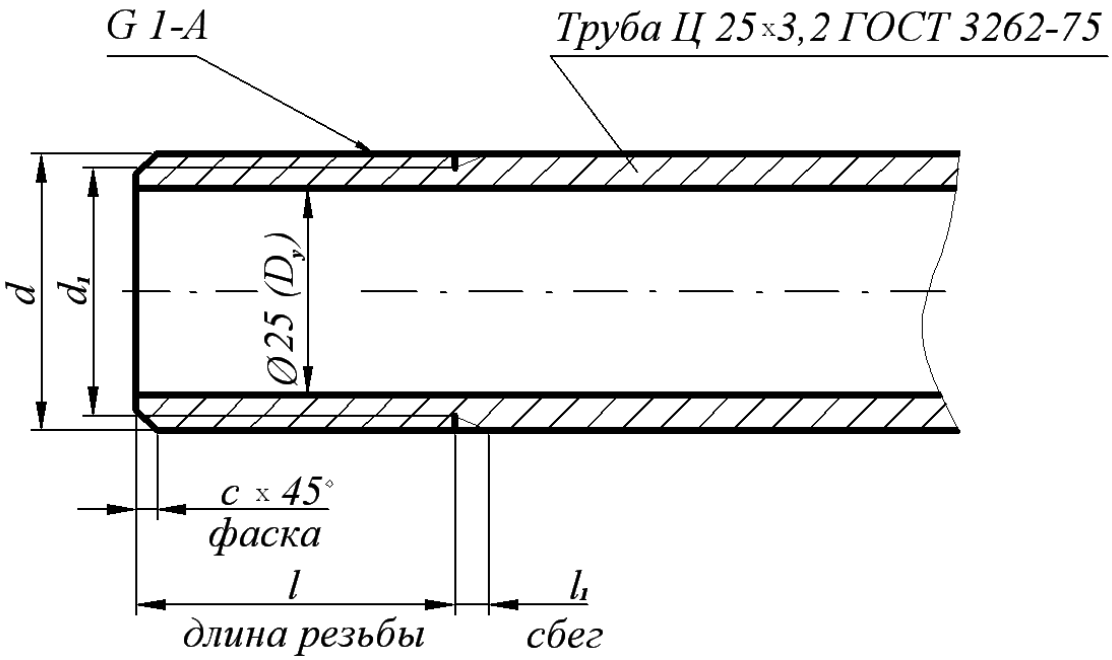


Рис. 2. Изображение трубы

Обозначение размера трубной резьбы имеет особенность, которая заключается в том, что размер задается не наружным диаметром трубы, на которой нарезается резьба, а величиной внутреннего диаметра трубы. Объяснение этой условности состоит в том, что конструктивный расчет трубопроводов ведется по условным проходам трубопроводов, арматуры и соединительных частей.

Например, трубная резьба в 1″ нарезается на трубе, которая имеет внутренний диаметр, равный 25 мм; размер же наружного диаметра всегда больше диаметра в свету на две толщины стенки трубы (рис. 2). По этой причине обозначение резьбы располагают на полке-выноске, которая заканчивается стрелкой, опирающейся на контур трубной резьбы.

Условное обозначение резьбы состоит из буквы *G*, обозначения размера резьбы и класса точности среднего диаметра. Условное обозначение для левой резьбы дополняется буквами *LH*, например,

G 1½ - *B* – трубная цилиндрическая резьба 1½″ класса точности *B*,

G 1½ - *LH* - *B* – то же для левой резьбы.

Длину свинчивания указывают в миллиметрах после обозначения класса точности: *G* 1½ - В –40.

В обозначении трубы указывают условный проход, толщину стенки, другие данные (точность изготовления, покрытие, длину, наличие резьбы и муфты) и номер стандарта, например:

Труба 20×2,8–2000 ГОСТ 3262-75 – труба обыкновенная неоцинкованная без муфты, без резьбы с D_y =20 мм.

Для вычерчивания трубы и соединительных частей используют размеры, предусмотренные ГОСТ 3262-75 и ГОСТ 6357-81 (табл. 1), а также ГОСТ 10549-63 (табл. 2).

Для труб бесшовных горяче- и холоднодеформированных, для толстостенных труб (ГОСТ 8734-75, 8732-78, 9940-81) выполняют рабочие чертежи, на которых указывают длину трубы, условный проход, длину резьбы и величину сбега резьбы.

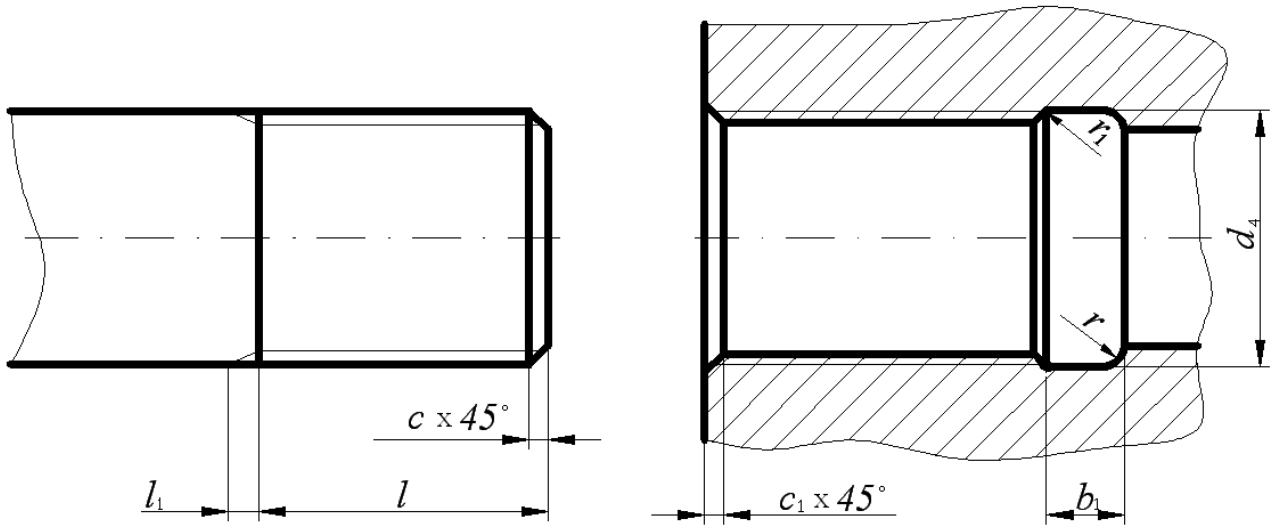
Таблица 1

Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357-81

Обозначение размера резьбы		Шаг, мм P	Диаметр резьбы, мм		Толщина стенки труб, мм
D_y, мм	в дюймах		наружный $d=D$	внутренний $d_1=D_1$	
6	1/8	0,907	9,728	8,566	2,0
8	¼	1,337	13,157	11,445	2,2
10	3/8		16,662	14,950	2,2
15	½	1,814	20,955	18,631	2,8
20	¾		26,441	24,117	2,8
25	1	2,304	33,249	30,291	3,2
32	1 ¼		41,910	38,952	3,2
40	1 ½		47,803	44,845	3,5
50	2		59,614	56,656	3,5
65	2 ½		75,184	72,226	4,0
80	3		87,884	84,926	4,0
90	3 ½		100,330	97,372	4,0
100	4		113,030	110,072	4,5

Таблица 2

Размеры сбегов, проточек и фасок для трубной цилиндрической резьбы



D_y, мм	l_1, мм	l, мм		c, мм	b_1, мм	r, мм	r_1, мм	d_4, мм	c_1, мм
		длинной	короткой						
1/8	1,6	-	-	1,0	4	1,0	0,5	10,5	1,0
¼	2,4	-	-	1,6	5	1,6		13,5	
⅜		-	-					17,0	
½	3,2	14	9,0	2,0	8	2,0	1,0	21,5	1,6
¾		16	10,5					27,0	
1	4,1	18	11,0	2,5	10	3,0		34,0	
1 ¼		20	13,0					43,0	
1 ½		22	15,0					48,5	
2		24	17,0					60,5	
2 ½		27	19,5					76,0	
3		30	22,0					89,0	
3 ½		33	26,0					101,0	
4		36	30,0					114,0	

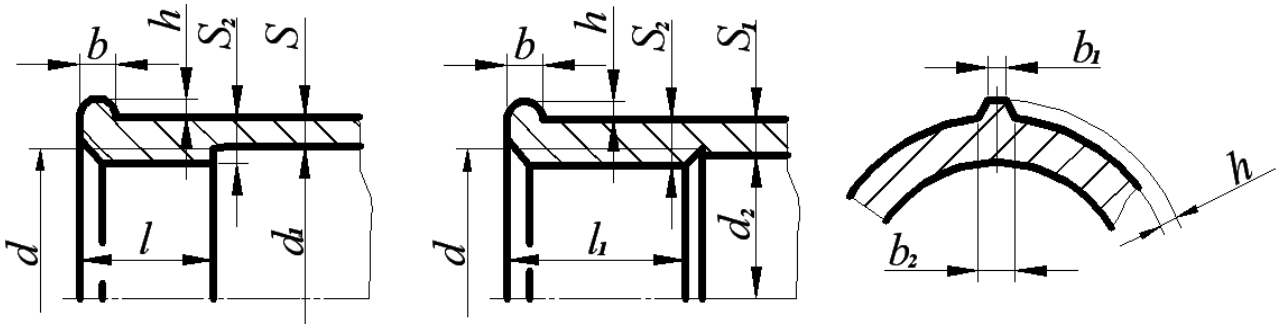
2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

На чертежах трубных соединений, выполняемых как конструктивные чертежи, вычерчиваются все элементы соединительных частей и контргаек (если их ставят) – буртики, фаски, ребра, размеры которых для изделий из ковкого чугуна устанавливает ГОСТ 8945-75.

Таблица 3

Конструктивные размеры соединительных частей, мм

Вариант 1 Вариант 2



Резьба				d_1	d_2	S	S_1	S_2	S_3	b	b_1	b_2	h
Обозначение	d	l	l_1										
		не менее											
G¼	13,16	9,0	9,0	13,5	12,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
G⅜	16,66	10,0	11,0	17,0	16,0	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
G½	20,96	12,0	14,0	21,5	20,0	2,8	3,5	4,2	4,2	3,5	2,0	4,0	2,0
G¾	26,44	13,5	16,0	27,0	25,5	3,0	3,5	4,4	4,2	4,0	2,0	4,0	2,5
G1	33,25	15,0	19,0	34,0	32,0	3,3	4,0	5,2	4,8	4,0	2,5	4,5	2,5
G1¼	41,91	17,0	21,0	42,5	40,5	3,6	4,0	5,4	4,8	4,0	2,5	5,0	3,0
G1½	47,81	19,0	21,0	48,5	46,5	4,0	4,0	5,8	4,8	4,0	3,0	5,0	3,0
G2	59,62	21,0	24,0	68,5	58,5	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,0	6,0	3,5
G2½	75,19	23,5	27,0	76,0	74,0	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,5	6,5	3,5
G3	87,89	26,0	30,0	89,0	87,0	4,5	4,5	6,5	6,0	6,0	4,0	7,0	4,0
G4	113,0	39,0	39,5	115	112	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	5,0	8,5	4,5

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

3.1. Цель задания

Целью задания является изучение правил выполнения трубных резьбовых соединений, условное изображение и обозначение трубной цилиндрической резьбы, конструктивных элементов соединительных частей. При выполнении задания студент должен приобрести навыки общения с Государственными стандартами по данной теме.

3.2. Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате А4 в масштабе, выбранном в соответствии с ГОСТ 2.302-68.

Вычертить соединение труб в двух видах с необходимыми разрезами и нанести размеры согласно стандартам.

Выполнить изображение конца трубы и указать ее конструктивные размеры.

Составить спецификацию.

Таблица 4

Варианты задания

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
1	Угольник	8
2	Крест	80
3	Муфта	40×20
4	Колпак, исполнение 2	80
5	Муфта	50
6	Крест	50
7	Тройник	40
8	Тройник	50
9	Угольник	40
10	Колпак, исполнение 2	65
11	Угольник	20
12	Тройник	25
13	Крест	32
14	Колпак, исполнение 1	20
15	Муфта прямая короткая	15

Продолжение табл. 4

Номер варианта	Соединительная часть	Диаметр условного прохода, мм
16	Муфта прямая длинная	25
17	Муфта переходная	65×32
18	Тройник	50
19	Крест	65
20	Колпак, исполнение 1	15
21	Муфта прямая короткая	32
22	Муфта прямая длинная	20
23	Угольник	10
24	Муфта переходная	80×40
25	Крест	50
26	Колпак, исполнение 2	10
27	Муфта прямая короткая	80
28	Муфта прямая длинная	15
29	Угольник	15
30	Тройник	80
31	Муфта переходная	40×20
32	Колпак, исполнение 1	8
33	Муфта прямая короткая	25
34	Муфта прямая длинная	10
35	Муфта переходная	50×30
36	Тройник	15
37	Крест	20
38	Угольник	32
39	Угольник	20
40	Угольник	80
41	Угольник	15
42	Колпак, исполнение 1	50
43	Крест	25
44	Муфта переходная	32×20
45	Муфта	15
46	Угольник	32
47	Тройник	65
48	Крест	65
49	Колпак, исполнение 1	32
50	Муфта прямая длинная	32

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Изображение трубных резьбовых соединений – это выполнение сборочного чертежа первой сложности. Правила выполнения сборочного чертежа регламентирует ГОСТГОСТ 2.109-73, составление спецификации - ГОСТ 2.302-68, а основную надпись - ГОСТ 2.104-68.

4.1. Соединение труб муфтами

При соединении муфтой ось труб располагают параллельно основной надписи чертежа. Конструкцию соединения показывают в разрезе плоскостью, проходящей через оси труб и фитинга, допускается соединять части вида и разреза. В разрезе показывают только ту часть резьбы фитинга, которая не закрыта резьбой трубы. Второе изображение обычно представляет собой сечение плоскостью, перпендикулярной одной из труб.

Необходимо иметь в виду, что для полностью завинченной трубы за торец соединительной части выходит только сбег резьбы.

Для демонтажа трубного соединения, например, при ремонтных работах, на конце одной из труб нарезают более длинную резьбу – сгон.

Длину сгона рассчитывают так, чтобы можно было свинтить контргайку, муфту и иметь еще запас резьбы 5…7 мм.

Размеры всех деталей трубного соединения зависят от диаметра условного прохода свинчиваемых труб.

Если диаметр отверстия трубы неизвестен, то его можно определить из таблицы размеров трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357-81, табл. 1), измерив внутренний диаметр резьбы муфты.

4.1.1. Соединение труб прямой муфтой

Например, необходимо по индивидуальному варианту вычертить прямую муфту, имея деталь, но, не зная диаметра условного прохода.

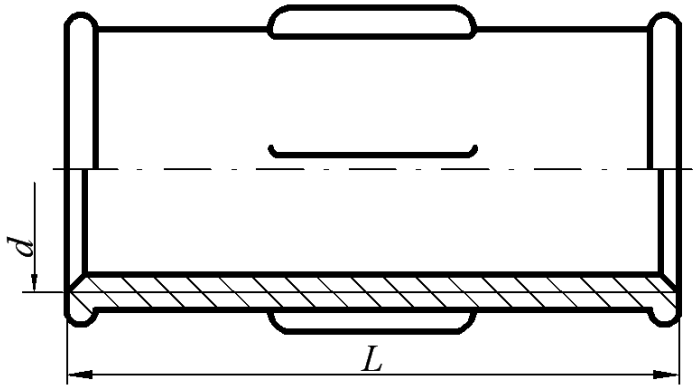
Штангенциркулем измеряется внутренний диаметр резьбы и по табл. 1 определяется диаметр условного прохода соединяемых труб и обозначение резьбы: $D_1 \approx 45$ мм. $D_{1табл.} = 4{,}845$ мм $\rightarrow D_y = 40$ мм – G 1½.

2. Измеряется длина муфты, L=43 мм.

Для определения названия муфты (короткая или длинная) обращаются к Государственным стандартам (табл. 5).

Таблица 5

Муфты прямые



Резьба	Муфты короткие ГОСТ 8954-75		Муфты длинные ГОСТ 8955-75	
	L, мм	Число ребер	*L*, мм	Число ребер
*G*¼-*B*	22	2	27	2
G^{3}⁄$_{8}$-*B*	24	2	30	2
*G*½-*B*	28	2	36	2
*G*¾-*B*	31	2	39	2
*G*1-*B*	35	4	45	4
*G*1¼-*B*	39	4	50	4
*G*1½-*B*	43	4	55	4
*G*2-*B*	47	6	65	4
*G*2½-*B*	53	6	74	6
*G*3-*B*	59	6	80	6
*G*4-*B*	84	6	94	6

Примеры условных обозначений:

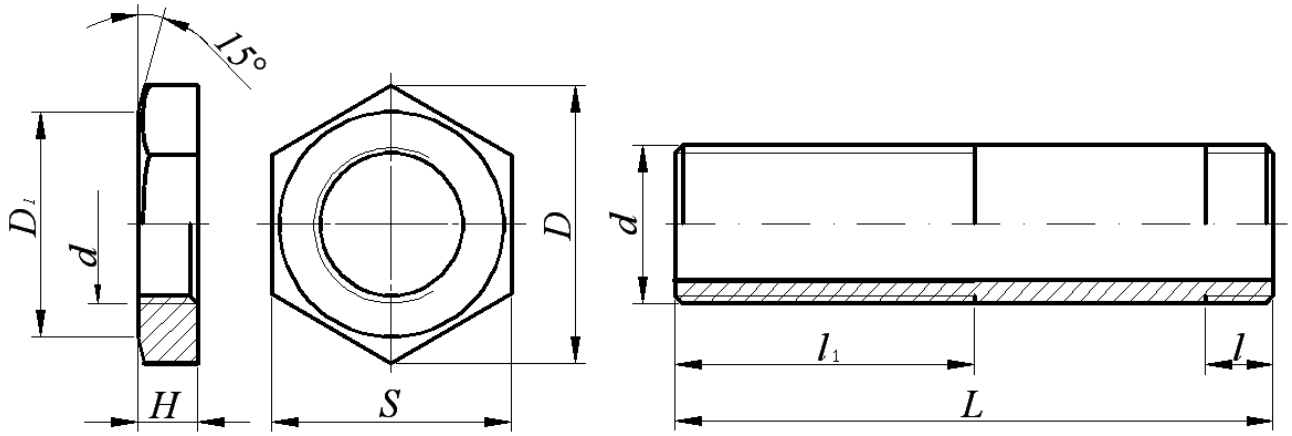
1. Прямая короткая муфта с D_y =40 мм:
   Муфта короткая 40 ГОСТ 8954 - 75.
2. Прямая длинная муфта с D_y =40 мм и цинковым покрытием исполнения 1: Муфта длинная 1-Ц-40 ГОСТ 8955 – 75.

Муфта с резьбой *G* 1½, имеющая длину 43 мм, является короткой, считаем, что она выполнена с цинковым покрытием, следовательно, ее обозначение: Муфта короткая Ц-40 ГОСТ 8954 - 75.

3. Для вычерчивания муфты используют данные из табл. 1, 2, 3.
   1) Наружный диаметр резьбы d=47,803 мм
   2) Фаска с=1,6 мм
   3) Толщина стенки муфты S_2=5,8 мм
   4) Высота буртика b=4,0 мм
   5) Количество ребер жесткости равно 4
   6) Размеры ребер жесткости и буртика: h=3,0 мм; b_1=3,0 мм; b_2=5,0 мм.
4. Для вычерчивания ввинчиваемой трубы используют данные табл. 1 и табл. 2: «Труба Ц-40×3,5 ГОСТ 3262-75» имеет размеры:
   1) Наружный диаметр трубы d=47,803 мм
   2) Внутренний диаметр резьбы d_1=44,845 мм
   3) Длина резьбы l=15 мм
   4) Длина сбега резьбы l_1=4,1 мм
   5) Фаска с=2,5 мм
5. С другой стороны муфты ввинчивается сгон, размеры которого предусмотрены ГОСТ 8969-75, на которой навинчена контргайка (ГОСТ 8961-75, табл. 6).
6. По размерам, указанным в таблицах, для резьбы *G* 1½ вычерчиваются детали в сборе. При выполнении сборочного чертежа соединения фаски, сбеги на деталях не изображаются, каждой детали присваивают номер позиции, который размещают на полке-выноске, заканчивающейся точкой. На сборочном чертеже обязательно указывают установочные размеры: размер резьбы, диаметр условного прохода. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющих характер сопряжения: длину муфты и др.

Таблица 6

Контргайки и сгоны



Резьба	Контргайки ГОСТ 8961-75				Сгоны ГОСТ 8969-75		
	H, мм	*S*, мм	*D*, мм	D_1, мм	*l*, мм	l_1, мм	*L*, мм
*G*¼-*B*	6	22	25,4	20	7,0	38	80
*G*⅜-*B*	7	27	31,2	25	8,0	42	90
*G*½-*B*	8	32	36,9	30	9,0	40	110
*G*¾-*B*	9	36	41,6	33	10,5	45	110
*G*1-*B*	10	46	53,1	43	11,0	50	130
*G*1¼-*B*	11	55	63,5	52	13,0	53	130
*G*1½-*B*	12	60	69,3	56	15,0	60	150
*G*2-*B*	13	75	86,5	70	17,0	65	150
*G*2½-*B*	16	95	110,0	90	19,5	75	170
*G*3-*B*	19	105	121,0	100	22,0	85	180
*G*4-*B*	21	135	156,0	128	-	-	-

Примеры условных обозначений:

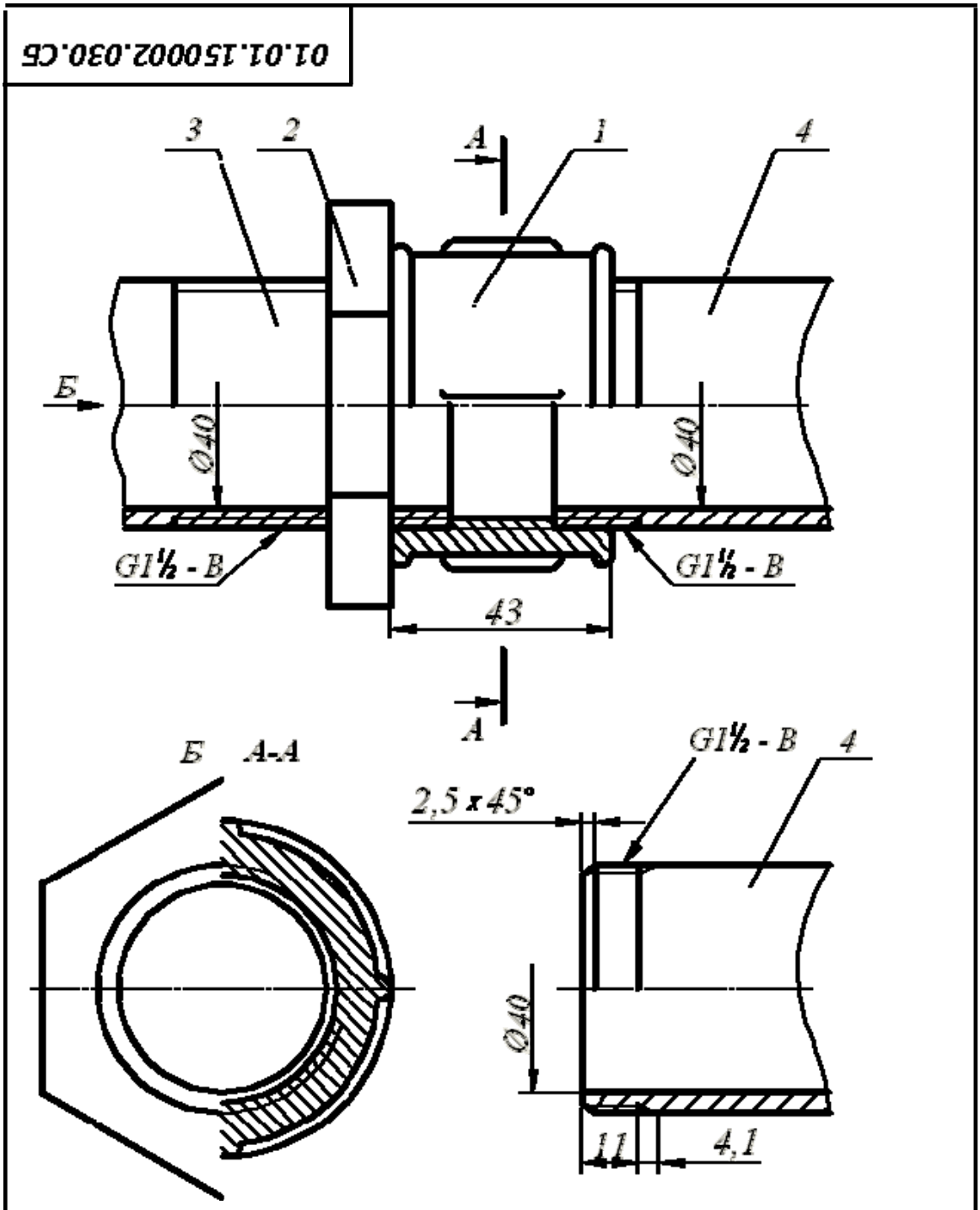
1. Контргайка без покрытия с D_y=40 мм:

   Контргайка 40 ГОСТ 8961-75

2. Сгон с цинковым покрытием с D_y=40 мм

   Сгон Ц-40 ГОСТ 8969-75

Пример выполнения сборочного чертежа соединения труб муфтой показан на рис. 3.



Пример выполнения спецификации
по ГОСТ 2.108-68 на рис. 9

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

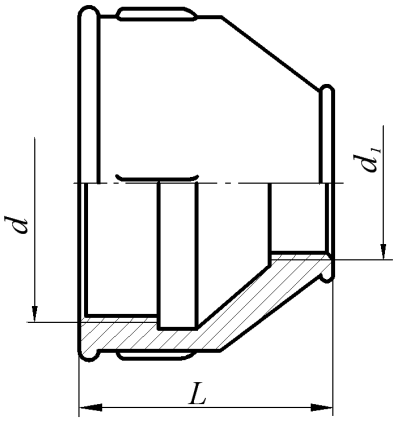
Рис. 3. Соединение труб муфтой

4.1.2. Соединение труб переходной муфтой

Муфты переходные соединяют трубы с различными диаметрами условного прохода (ГОСТ 8957-75, табл. 7).

Таблица 7

Переходные муфты по ГОСТ 8957-75, мм



Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер	Условный проход $D_y \times D_{1y}$	L	Число ребер
10×8	30	2	40×25	55	4
15×8	36	2	40×32	55	4
15×10	36	2	50×15	65	6
20×8	39	2	50×20	65	6
20×10	39	2	50×25	65	6
20×15	39	2	50×32	65	6
25×10	45	4	50×40	65	6
25×15	45	4	65×32	74	6
25×20	45	4	65×40	74	6
32×10	50	4	65×50	74	6
32×15	50	4	80×40	80	6
32×20	50	4	80×50	80	6
32×25	50	4	80×65	80	6
40×15	55	4	100×50	94	6
40×20	55	4	100×65	94	6

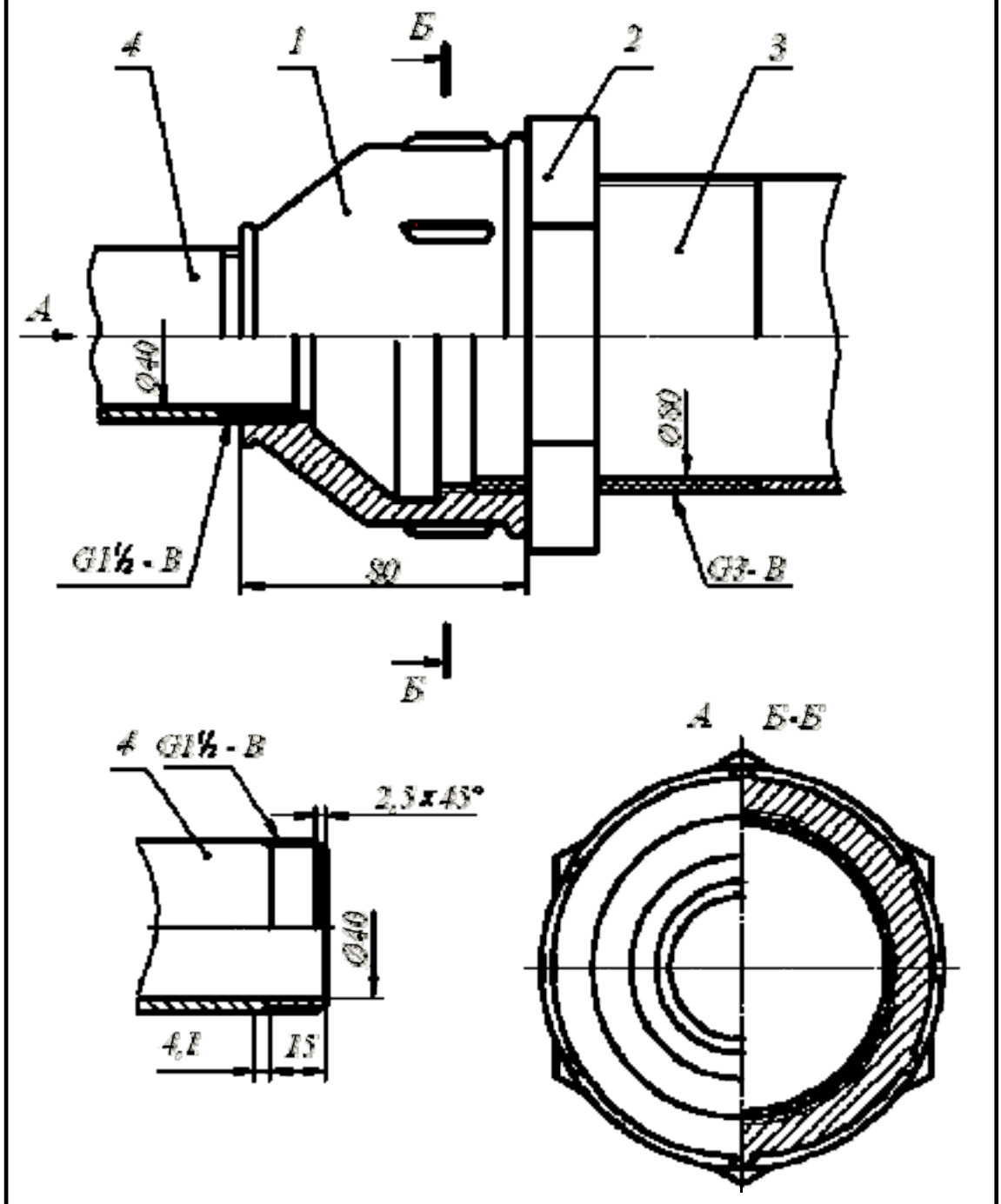
Примеры условных обозначений:

3. Муфта переходная без покрытия с D_y=15 мм на D_y=40 мм:

   Муфта 40×15 ГОСТ 8957-75

4. Муфта переходная с цинковым покрытием:

   Муфта Ц 40×15 ГОСТ 8957-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

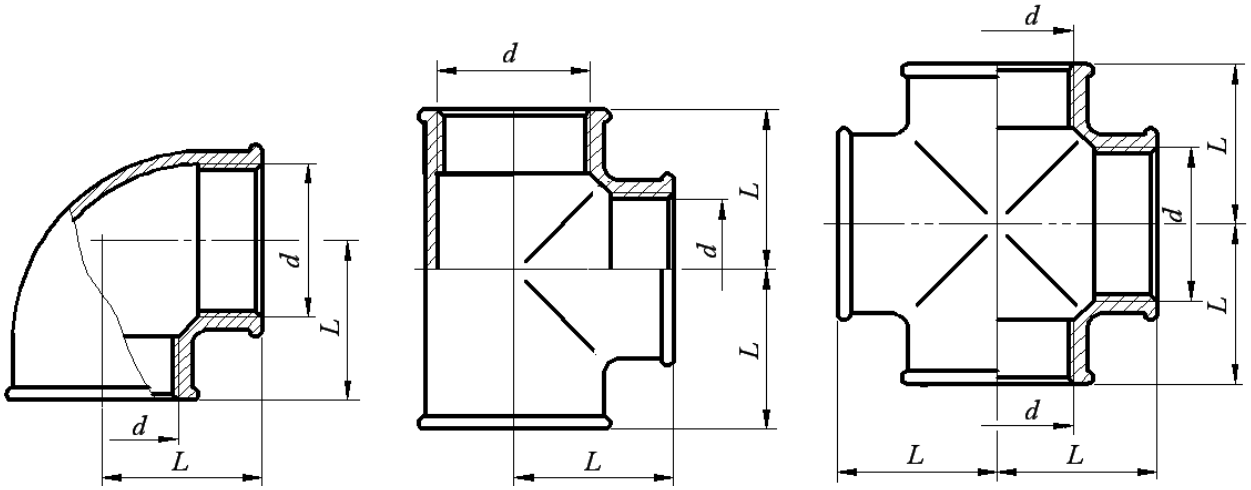
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 4. Соединение труб переходной муфтой

4.2. Соединения труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами

Прямые тройники, кресты и угольники в системах отопления, водо- и газопроводах служат для изменения направления потока жидкости или газа.

Проходные угольники (ГОСТ 8947-75) Прямые тройники (ГОСТ 8948-75) Прямые кресты (ГОСТ 8951-75)

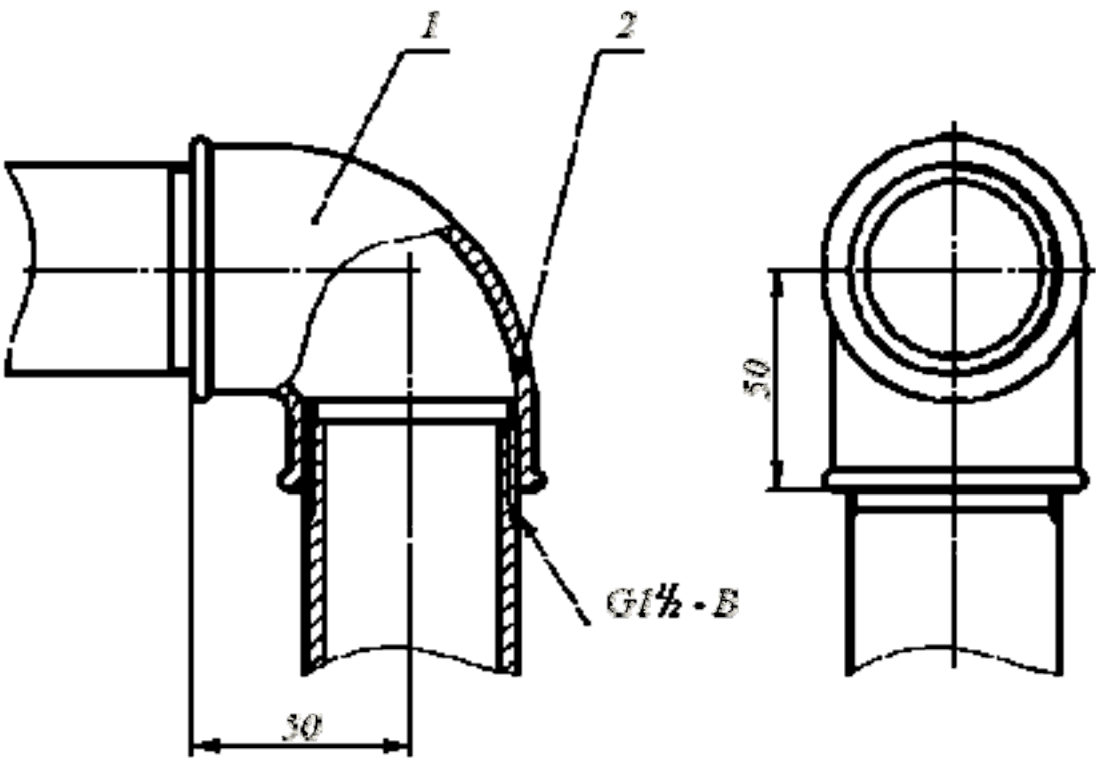


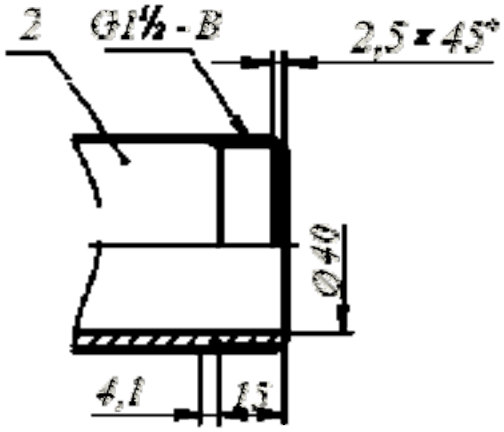
Условный проход $D_y \times D_{1y}$	Резьба	L, мм
8	*G*¼-*B*	21
10	*G*⅜-*B*	25
15	*G*½-*B*	28
20	*G*¾-*B*	33
25	*G*1-*B*	38
32	*G*1¼-*B*	45
40	*G*1½-*B*	50
50	*G*2-*B*	58
65	*G*2½-*B*	69
80	*G*3-*B*	78
100	*G*4-*B*	96

Примеры условных обозначений:

1. Проходной угольник с углом 90° исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=20 мм:

   Угольник 90°-1-Ц-200 ГОСТ 8946-75;
2. Тройник 40 ГОСТ 8948-75;
3. Крест Ц-32 ГОСТ 8951-75.

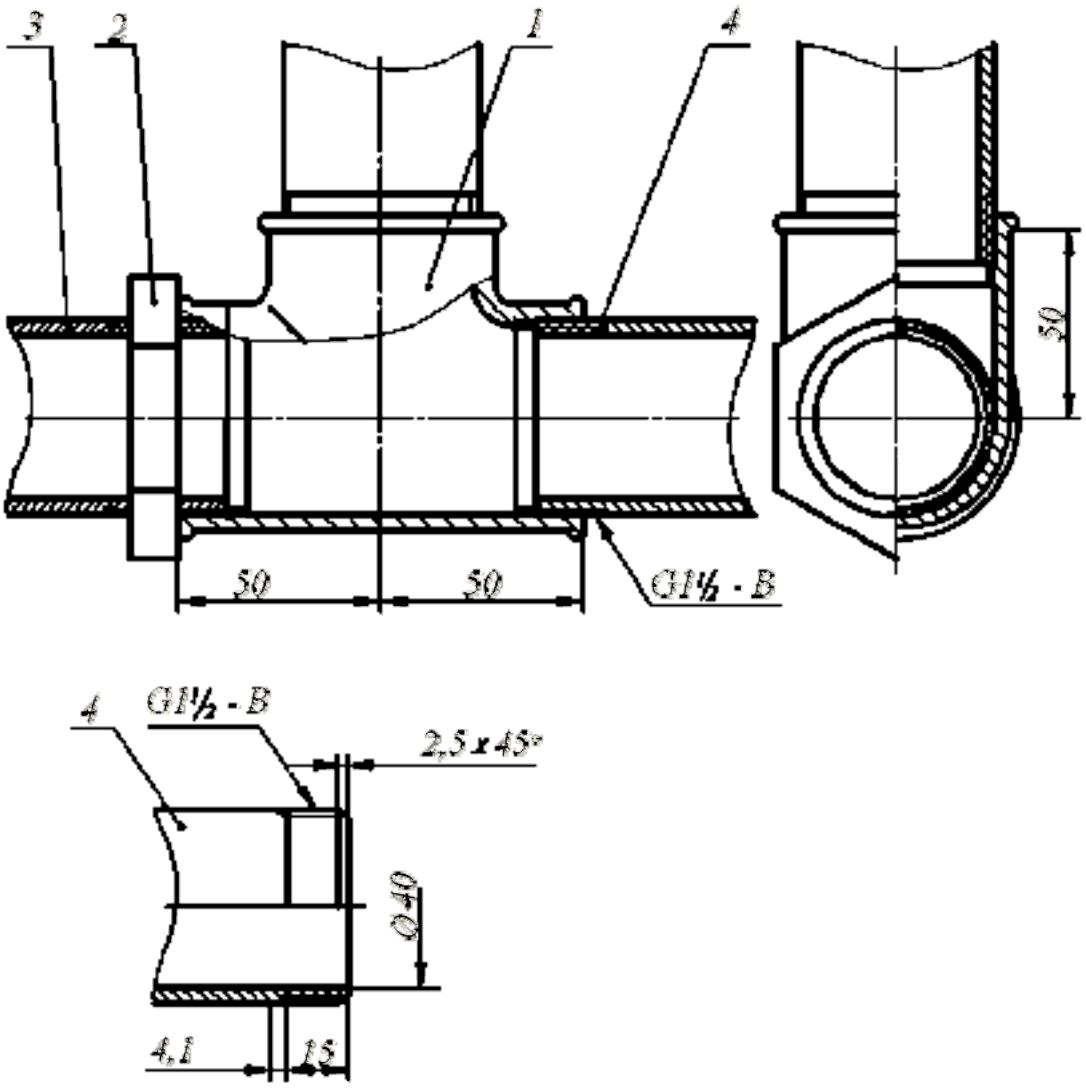




Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

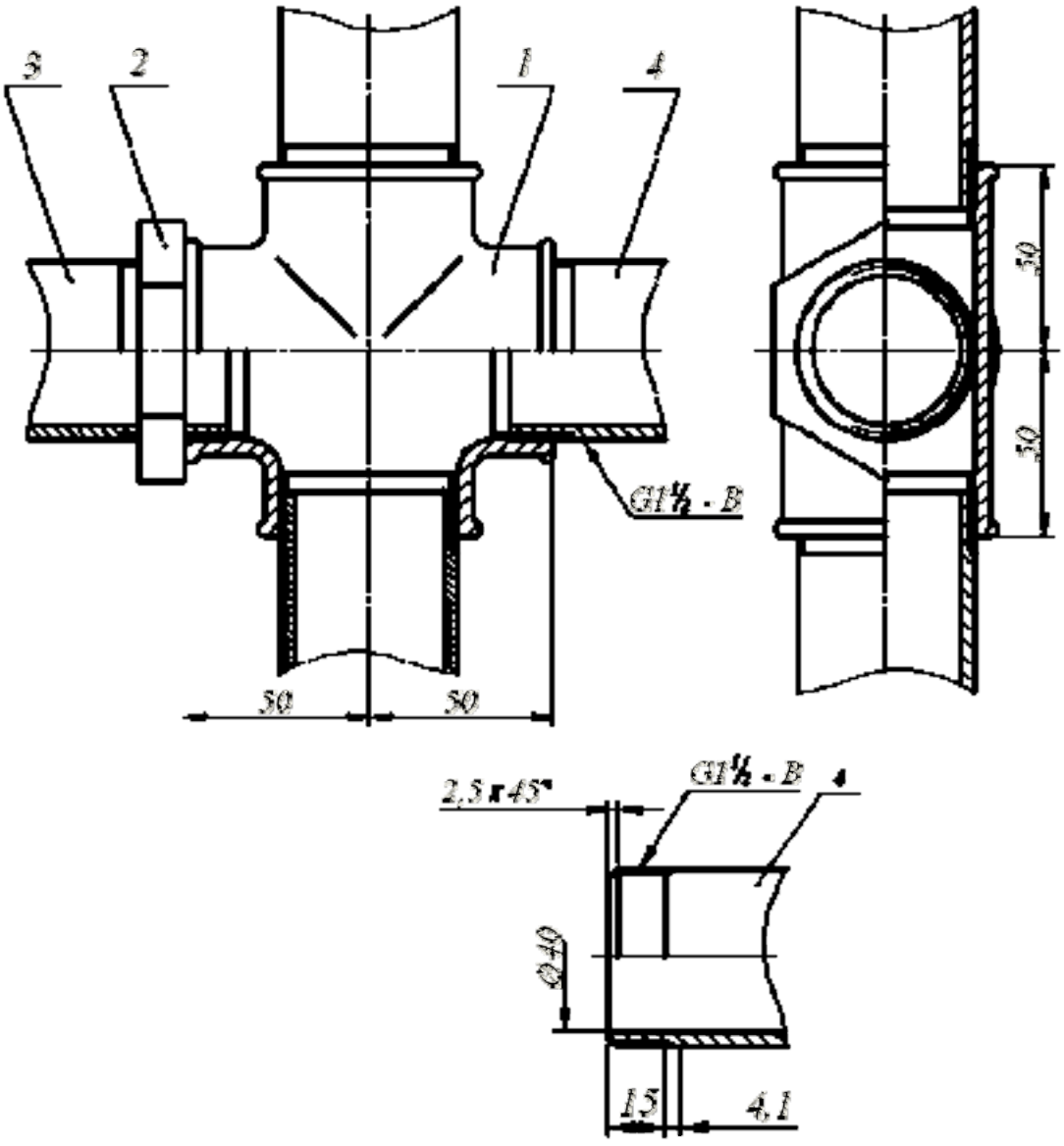
Рис. 5. Соединение труб проходным угольником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 6. Соединение труб прямым тройником



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

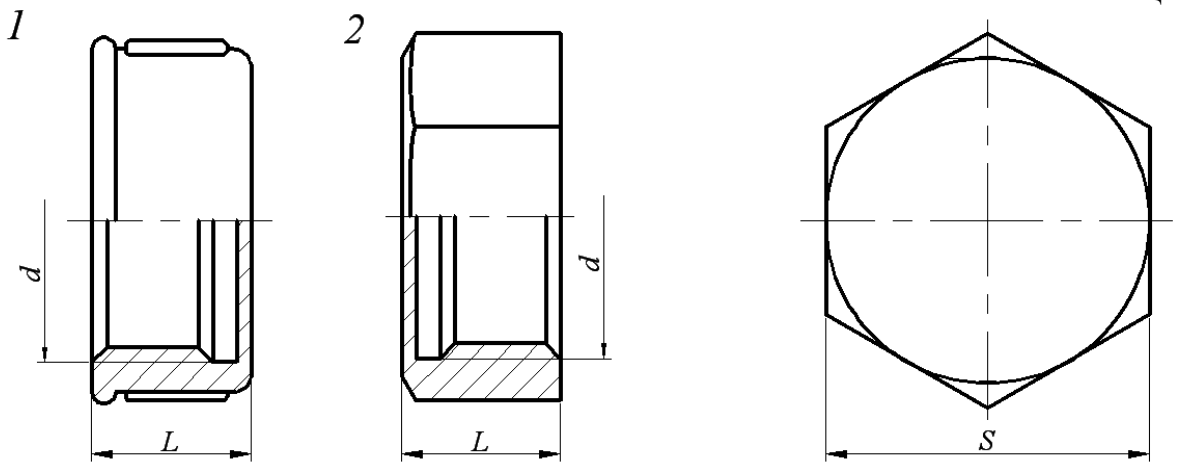
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 7. Соединение труб прямым крестом

4.3. Перекрытие трубы колпаком

Для перекрытия трубы используют колпаки двух исполнений: с ребрами жесткости и с корпусом, имеющим форму шестигранной призмы под гаечный ключ. размеры проточек трубной цилиндрической резьбы определены ГОСТ 10549-80 (табл. 2).

Таблица 9



Условный проход	*L*		Число ребер	*S*
	Исполнение			
	1	2		
8	15	15	2	10
10	17	17	2	22
15	19	19	2	27
20	22	22	2	32
25	24	24	4	41
32	27	27	4	50
40	27	27	4	55
50	32	32	6	70
65	-	35	-	85
80	-	38	-	100

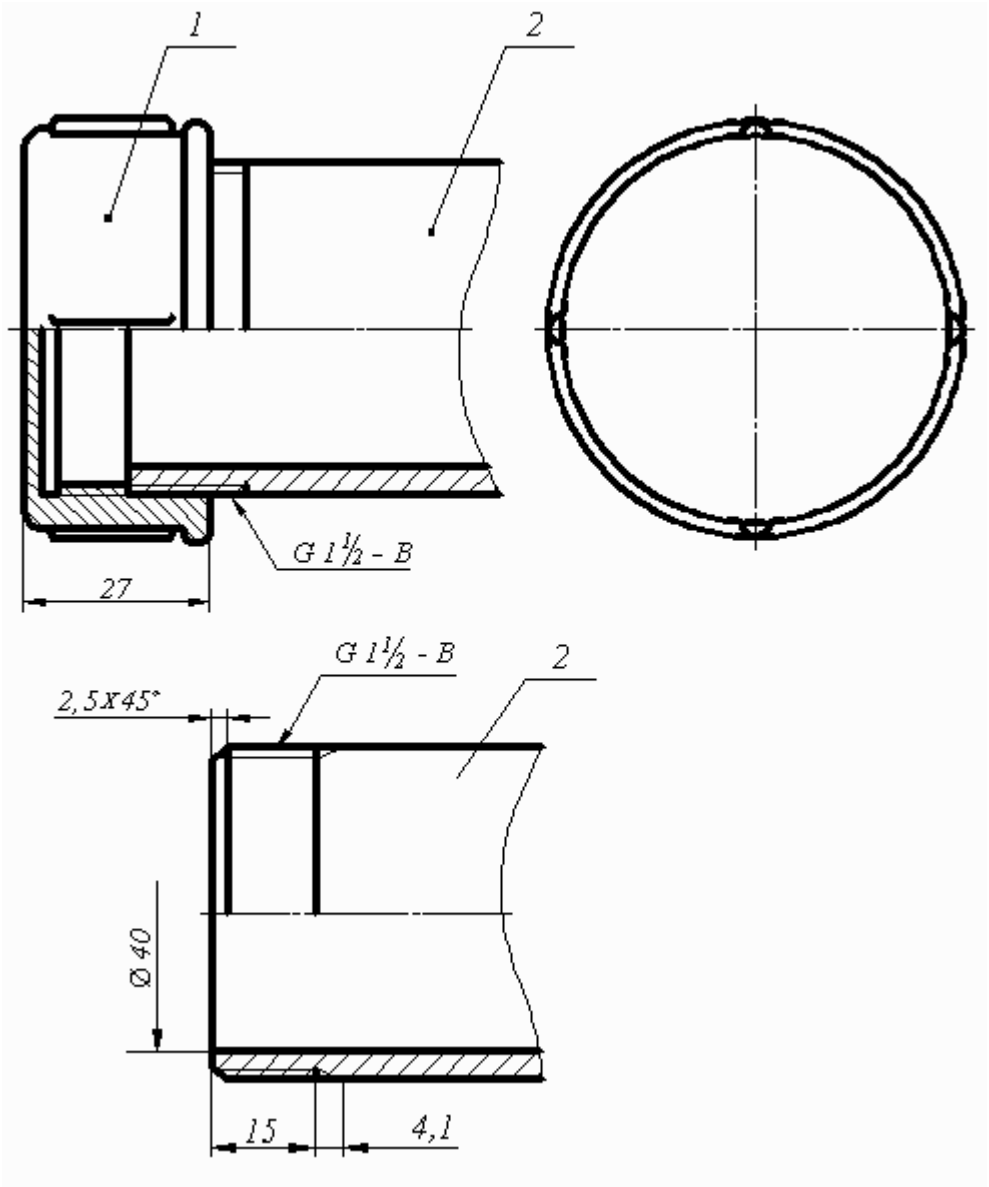
Примеры условных обозначений:

1. Колпак исполнения 2 без покрытия с D_y=40 мм:

   Колпак 2-40 ГОСТ 8962-75

2. Колпак исполнения 1 с цинковым покрытием с D_y=40 мм:

   Колпак 1-Ц-40 ГОСТ 8962-75



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 8. Перекрытие трубы колпаком

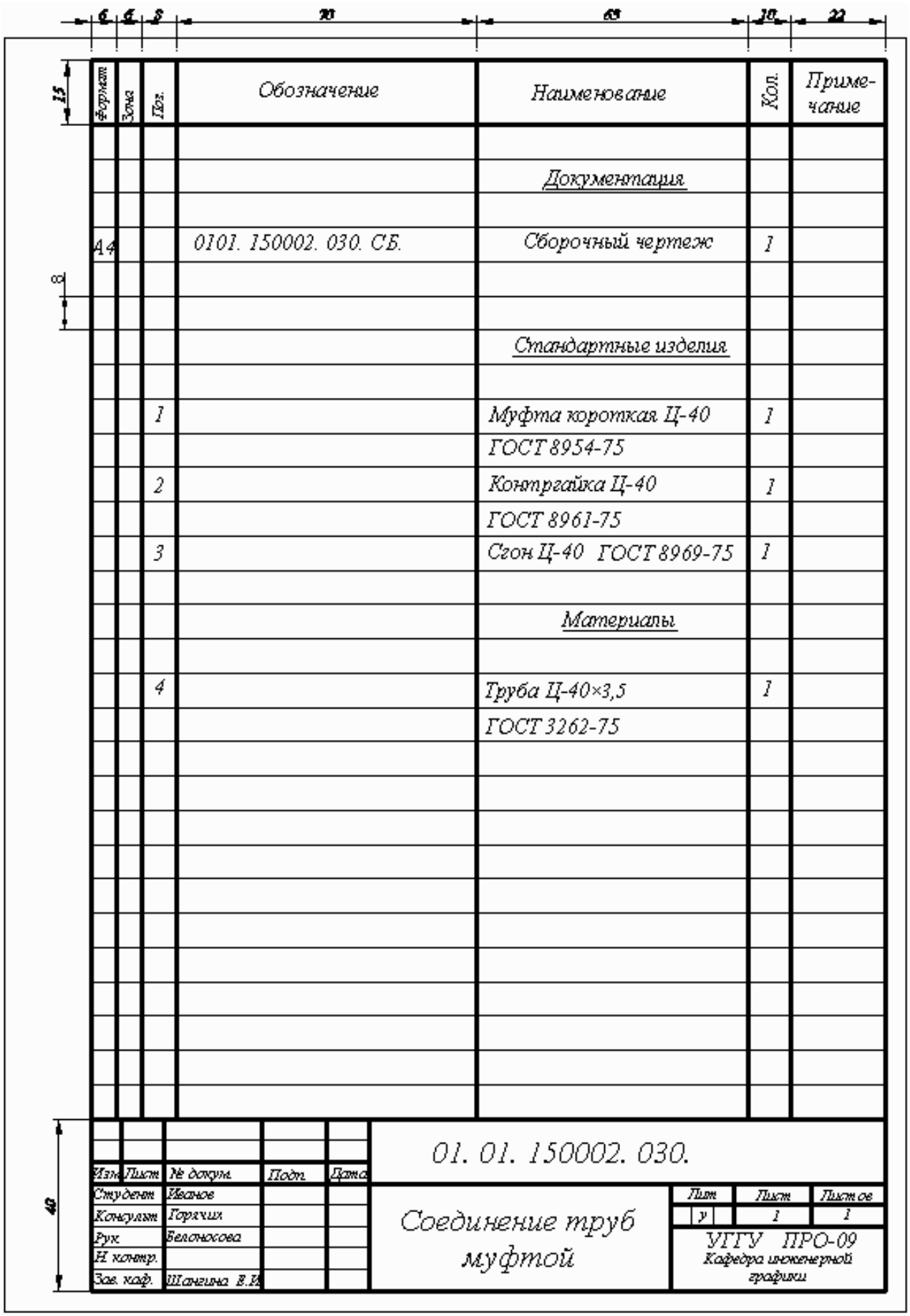


Рис. 9. Спецификация

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. - 9 -е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, - 2006 – 928 с.: ил.
2. ГОСТ 27148-86. Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры. Переиздание 23.06.2009
3. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 2000.
4. Талалай П. Г. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Интернет-тестирование базовых знаний: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
5. Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению: учебное пособие. – М.: высшая школа , 2008 – 493 с.
6. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. - – изд. Альянс, 16-е изд., переработанное, 2007. – 416 с.

Дополнительная литература

7. Баева *Г. Г.* Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
8. Попова Г. Н., Алексеев С. Ю. Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1994.

Учебное издание

Белоносова Ирина Борисовна

Методическое пособие
по курсу «Инженерная графика»
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для студентов всех специальностей»
«Изображение трубных резьбовых соединений»

4-е издание, стереотипное

Редактор *Л. Н. Авдеева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,3 Уч. - изд. л. 1,11. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического
факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

4-е издание, исправленное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Б 43 Рецензент: *Л. Г. Тимофеева*, доцент Уральского государственного лесотехнического университета.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 15._02.2018 года (протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Белоносова И. Б.

Б 43 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. РЕЗЬБА. Методическое пособие по теме «Условности машиностроительного черчения» для самостоятельной работы студентов всех специальностей и направлений. 4-е издание, исправленное / И. Б. Белоносова; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 38 с.

В методическом пособии содержатся исходные данные для индивидуальных заданий, примеры их выполнения, а также основные сведения о резьбах, применяемых в машиностроении, параметрах и технологических элементах резьб в соответствии с Государственными стандартами.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей и направлений.

© Белоносова И. Б., 1994, 2002, 2012
© Уральская государственная горно-геологическая академия 1994, 2002.
© Уральский государственный горный университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82) 3
ТИПЫ РЕЗЬБ 5
Метрическая резьба 6
Трубная цилиндрическая резьба 7
2.3.Трапецеидальная резьба 9
2.4.Упорная резьба 10
2.5.Прямоугольная и квадратная резьбы 12
Изображение резьбы 13
Изображение наружной резьбы 13
Изображение внутренней резьбы 14
Изображение специальных резьб 15
Изображение резьбового соединения 15
ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ 16
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ 17
Сбег резьбы 17
Недовод резьбы 18
Недорез резьбы 18
Фаска 18
Проточка 19
6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ» 20
Цель задания 20
Содержание задания 20
ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 24
Конец вала с метрической резьбой на стержне 24
Конец вала с метрической резьбой в отверстии 27
Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне 28
Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии 30
Конец вала с упорной резьбой в отверстии 31
Изображение шпоночного паза 32
Примеры оформления задания 33
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 37

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении. Они обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надежность, способность воспринимать большие нагрузки, удобство сборки и разборки, простота изготовления.

1. РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82)

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

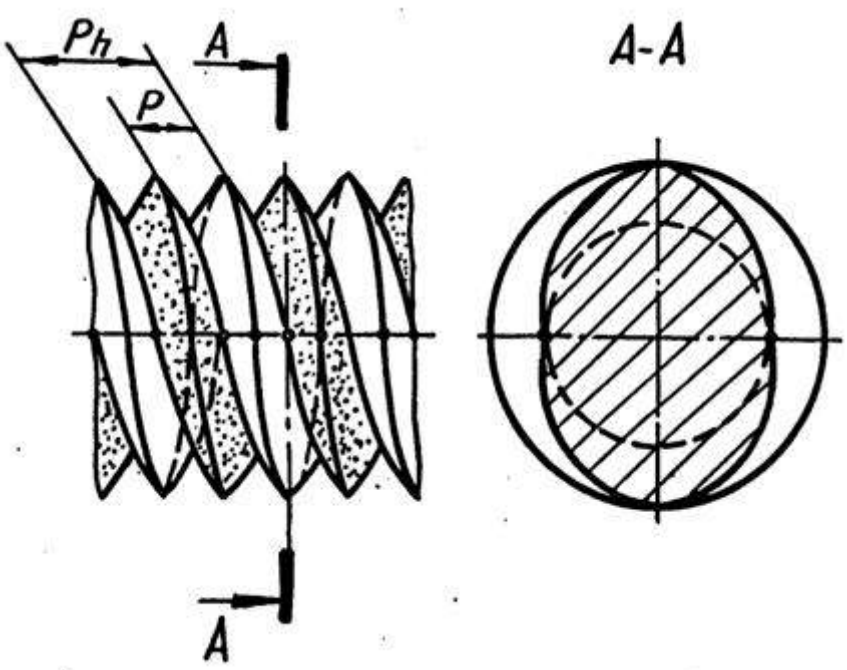


Рис. 1

Резьбы классифицируются по следующим признакам:

1. В зависимости от формы поверхности, на которой нарезана резьба, они подразделяются на цилиндрические и конические.

2. В зависимости от расположения резьбы на поверхности стержня или отверстия они подразделяются на внешние и внутренние.

3. В зависимости от формы профиля различают резьбы треугольного, прямоугольного, круглого и других профилей.

4. По эксплуатационному назначению резьбы делятся на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходо-вые (трапецеидальные, упорные, прямоугольные, круглые), специальные и др.

5. В зависимости от направления винтовой поверхности различают правые и левые резьбы.

6. По числу заходов резьбы подразделяются на однозаходные и многозаходные (двух-трехзаходные) и др.

Все резьбы разделяют на следующие группы:

- стандартизованные – резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом, диаметром;
- нестандартизованные или специальные – резьбы, параметры которых не соответствуют стандартизованным.

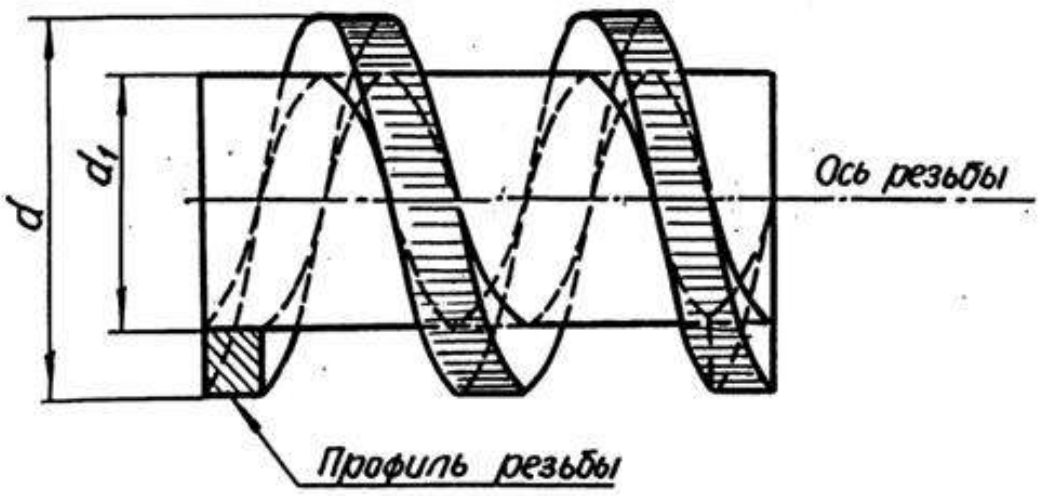


Рис. 2

Основные элементы и параметры резьб имеют следующие определения. **Ось резьбы** – прямая, относительно которой происходит винтовое движение контура, образующего резьбу (рис. 2).

Профиль резьбы – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось. Резьбу называют по форме ее профиля: треугольной, прямоугольной, трапецеидальной и т. п.

Левая резьба – образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя. К обозначению левых резьб добавляется «*LH*».

Правая резьба – образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя.

Шаг резьбы ($\boldsymbol{P}$) **–** расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы (рис. 1).

Х**од резьбы** ($\boldsymbol{P_h}$) - расстояние между ближайшими одноименными и боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы.

Наружный диаметр резьбы (d – для болта, D – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы (рис. 2).

Внутренний диаметр резьб ы (d_1 – для болта, D_1 – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

2. ТИПЫ РЕЗЬБ

В машино- и приборостроении применяются стандартные резьбы различных типов.

2 . 1 . Метрическая резьба

Профиль метрической резьбы представляет собой равнобедренный треугольник с углом при вершине 60 . Вершины и впадины витков имеют срез, благодаря которому между вершинами витков болта и впадинами гайки оставляется некоторый зазор, который предотвращает заклинивание.

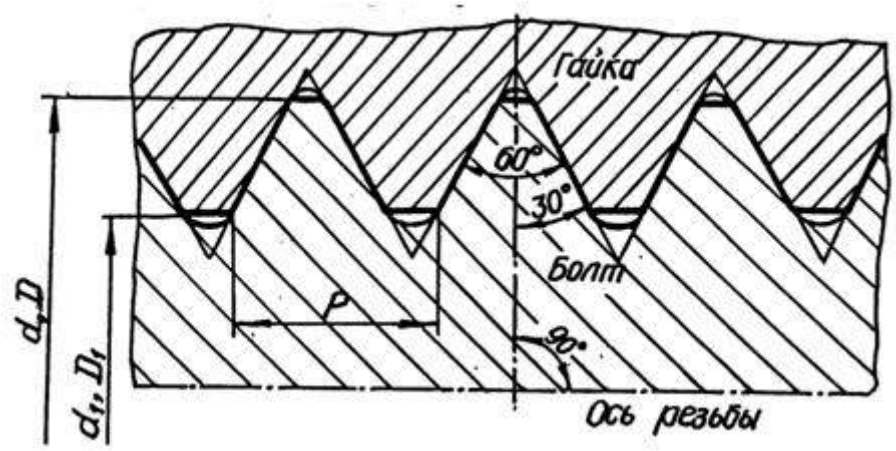


Рис. 3

Размеры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600 мм установлены по ГОСТ 8724-81 и 9150-81. Диаметры резьб разделены на три ряда, а шаги на крупные и мелкие. Крупным называют наибольший из шагов для номинального размера диаметра резьбы. Метрические резьбы с крупным шагом установлены для диаметров от 1 до 63 мм; метрические резьбы с мелкими шагами - для диаметров от 1 до 600 мм.

Резьба с крупным шагом обозначается прописной буквой *М* и номинальным диаметром, например: *М*24, *М*36.

Резьба с мелким шагом обозначается прописной буквой *М*, номинальным диаметром и шагом, например: *М*24 2, *М*36 2.

Резьба левая обозначается буквами *LH*, например: *М*24 *LH*, *М*24 2*LH*. Резьбы многозаходные обозначаются буквой *М*, номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой *Р*, и числовым значением шага, например: трехзаходная резьба с шагом 2 мм *М*36 3(*Р*2), для левой резьбы *М*36 3(*Р*2)*LH*.

Согласно ГОСТ 16093-81 система допусков резьб общего назначения предусматривает допуски диаметров резьб, устанавливаемые степенями точно-сти:

для наружного диаметра наружной резьбы (болта) – 4, 6, 8;

для внутреннего диаметра внутренней резьбы (гайки) – 4, 5, 6, 7, 8; Положение полей допусков диаметров резьбы имеют следующие обозначения:

для резьбы болтов – *d, e, f, d, h*;

для резьбы гаек – *E, F, G, H*.

Примеры обозначения резьбы номинальным диаметром 20 мм с обозна-чением полей допусков:

*M*20-6*g* - с крупным шагом, наружная;

*M*20-6*H* - с крупным шагом, внутренняя;

*M*20 2-6*g* - с мелким шагом, внутренняя;

*M*20 2*LH*-6*g* - с мелким шагом, наружная, левая.

Посадка обозначается дробью: числитель – поле допуска внутренней резьбы, знаменатель - поле допуска наружной, например: *M*20 2*LH*-6*H*/6*g*.

Для покупных крепежных изделий рекомендуется применять следующие значения полей допуска: для гайки – 6*H*, 7*H* и для болта - 6*g*, 8*g*.

2 . 2 . Трубная цилиндрическая резьба

Трубную цилиндрическую резьбу (ГОСТ 6357-81) применяют в трубопроводах, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой.

Профилем трубной резьбы (рис. 4) является равнобедренный треугольник с углом при вершине 55 и закругленными вершинами и впадинами. Профили наружной и внутренней резьбы совпадают, что обеспечивает герметичность в соединениях этой резьбы.

Характерные особенности трубной цилиндрической резьбы:

- резьба имеет более мелкий шаг и меньшую высоту профиля по сравнению с дюймовой цилиндрической резьбой;

- фактический наружный диаметр резьбы большего его номинального значения примерно на двойную толщину стенок трубы;

- номинальный наружный диаметр резьбы условно принимают равным внутреннему диаметру трубы, на которой нарезается резьба (рис. 5).

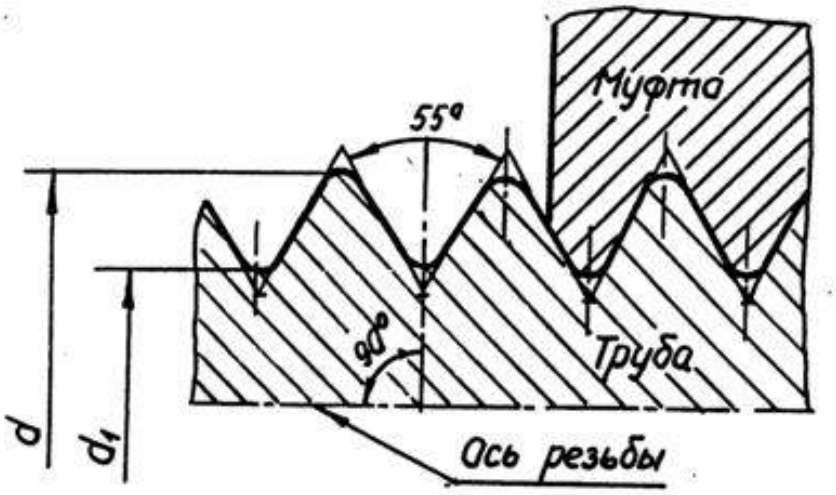


Рис. 4

Трубную резьбу условно обозначают в дюймах (1 =25,4 мм), указываю-щих (приближенно) величину диаметра отверстия трубы, который называют диаметром условного прохода трубы и обозначают D_y.

Трубную цилиндрическую резьбу нарезают на трубах до 6 . Трубы свыше 6 сваривают.

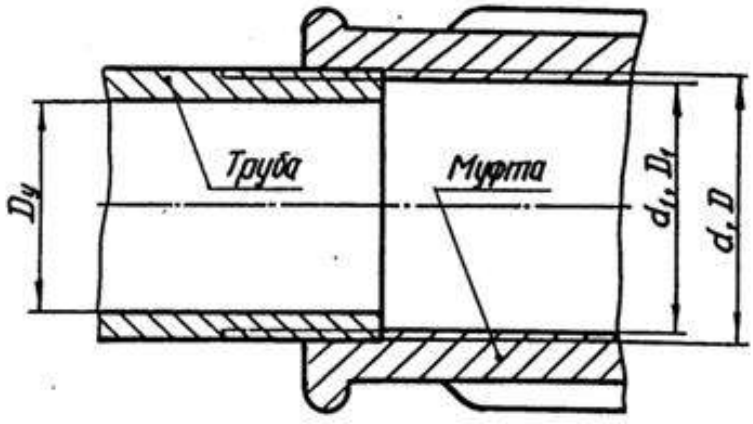


Рис. 5

Обозначение трубной цилиндрической резьбы по ГОСТ 6357-81 состоит из буквы G, номинального размера резьбы в дюймах и класса точности изготовления резьбы. Для трубной цилиндрической резьбы установлены два класса точности – А и В., например:

- резьба класса точности А: G1 – А;

- резьба левая (*LH*) класса точности *B*: *G*3*LH* – *B*;

- резьбовое соединение при классах точности внутренней резьбы *A*, наружной *B*: *G*3 – А/*B*.

2 . 3 . Трапецеидальная резьба

Трапецеидальная резьба по ГОСТ 9484-81 служит для передачи движений и усилий. Трапецеидальная резьба применима для диаметров от 10 до 640 мм и может иметь шаги от 2 до 48 мм. Предусмотрено выполнение резьб одного и того же диаметра, но с различными шагами.

Трапецеидальная резьба имет профиль в виде равнобочной трепеции с углом между ее боковыми сторонами, равными 30 (рис. 6).

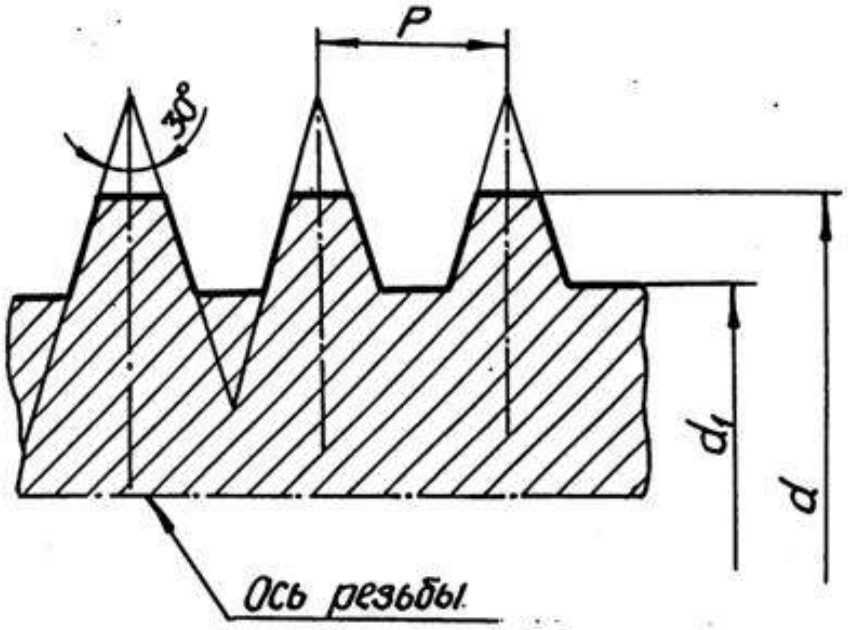


Рис. 6

Симметричный профиль резьбы позволяет применять ее для риверсивных винтовых механизмов. Одинаковые зазоры по наружному и внутреннему диа-метрам создают благоприятные условия для смазывания. Трапецеидальная резьба может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой.

Номинальные размеры трапецеидальной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 24738-81.

Условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы включает буквы *Tr*, номинальный диаметр и шаг, а также буквы *LH* для левой резьбы, например, *Tr*40 3*LH*.

Основные размеры и допуски резьбы трапецеидальной многозаходной устанавливает ГОСТ 24739-81.

Условное обозначение трапецеидальной многозаходной резьбы содержит буквы *Tr*, номинальный диаметр, числовое значение хода и в скобках буква Р с числовым значением шага, например, *Tr*20 4(P2)*LH*.

В производственных чертежах в обозначение резьбы обязательно вклю-чают обозначение поля допуска, состоящее из цифры, показывающей степень точности среднего диаметра резьбы и буквы латинского алфавита, обозначаю-щей основное отклонение этого диаметра, например, *Tr*20 4(P2)*LH*-8*H*/8*e*.

2 . 4 . Упорная резьба

Упорная резьба обладает высокой прочностью и высоким КПД. Она применяется в грузовых винтах для передачи больших усилий, действующих в од-ном направлении в мощных домкратах, прессах и т. д.

Профиль резьбы (рис. 7) представляет собой трапецию, одна сторона которой является рабочей стороной профиля, и ее положение определяется углом наклона 3 . Другая сторона трапеции (нерабочая сторона профиля) имеет угол наклона 30 .

Профиль и параметры упорной резьбы предусматривает ГОСТ 10177-82. Для упорной резьбы предусмотрены номинальные диаметры резьбы от 10 до

640 мм, резьба может выполняться с разными шагами при одном и том же диаметре.

На чертеже упорная резьбы обозначается буквой S, номинальным диаметром и шагом, например: резьба упорная левая, имеющая номинальный диаметр 80 мм и шаг 16 мм – *S*80 16 *LH*.

В прессостроении применяется также упорная резьба, профиль которой представляет собой неравнобочную трапецию с углом рабочей стороны 0 и нерабочей – 45 . Усиленная упорная резьба предусмотрена для диаметров от 80
до 2000 мм.

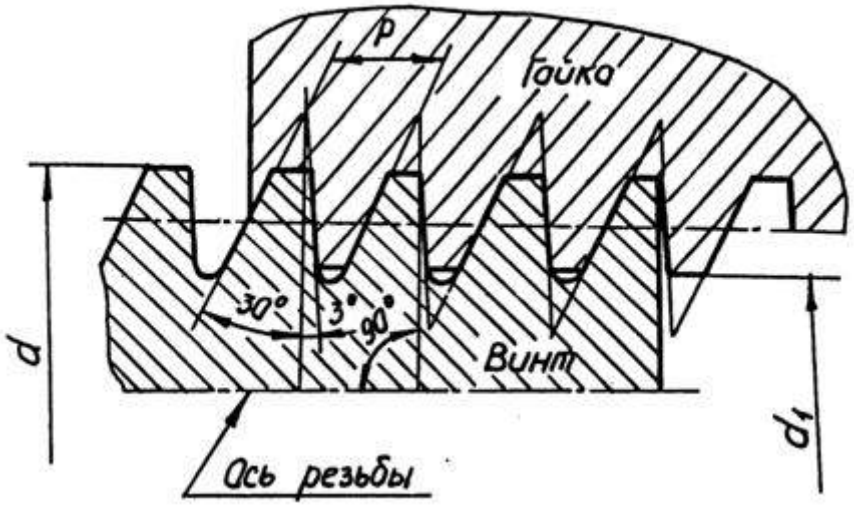


Рис. 7

2 . 5 . Прямоугольна я и квадратная резьбы

Прямоугольная и квадратная резьбы имеют высокий КПД и дают большой выигрыш в силе, поэтому они применяются для передачи осевых усилий в грузовых винтах и движения в ходовых винтах.

Прямоугольная и квадратная резьбы не стандартизованы, так как имеют следующие недостатки:

- в соединении (типа «болт – гайка») трудно устроить биение;

- они обладают прочностью меньшей, чем трапецеидальная резьба, так как основание витка у трапецеидальной резьбы при одном и том же шаге шире, чем у прямоугольной или квадратной резьб;

- их труднее изготовить, чем трапецеидальную.

В соответственных соединениях эти резьбы заменены трапецеидальными. При изображении этих резьб обязательно указывают ее профиль и размеры (рис. 8). Диаметр резьбы предпочтительно выбирать из ряда номинальных диаметров метрической резьбы.

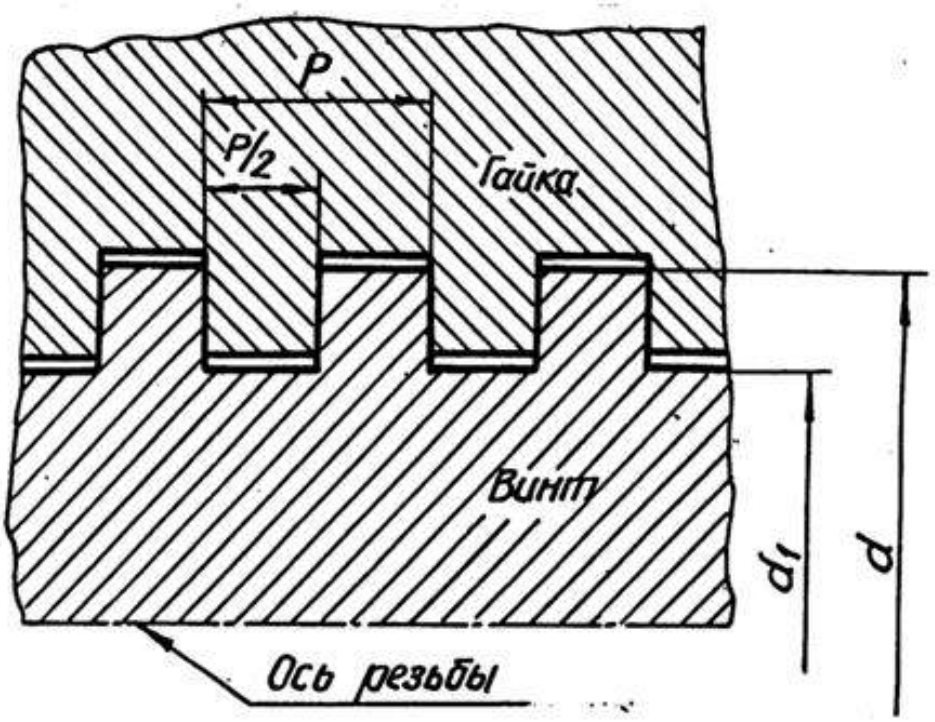


Рис.8

3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Все резьбы, независимо от их типа, изображаются на чертежах условно в соответствии с ГОСТ 2.311-68.

Основная условность заключается в проведении сплошной толстой линии вместо выступов резьбы и тонкой сплошной линии вместо впадин; витки резьбы не изображаются. Границу резьбы упрощенно изображают прямой, перпендикулярной к оси изображения; эта прямая, если она видимая, выполняется сплошной толстой линией.

3 . 1 . Изображение наружной резьбы

Изображение резьбы содержит линии, соответствующие: оси резьбы, наружному и внутреннему диаметрам резьбы и границе резьбы. Резьбу на стерж-не изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резь-бы и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру (рис. 9).

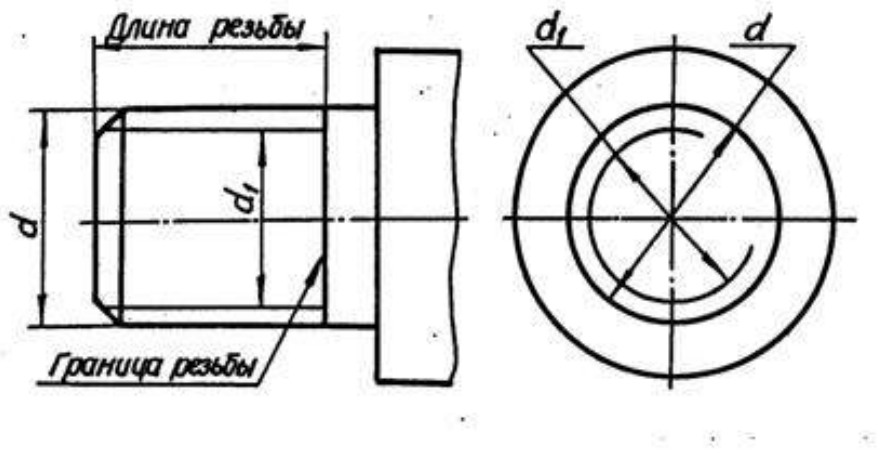


Рис.9

При изображении на плоскости, параллельной оси резьбы, тонкая линия должна пересекать границу фаски на конце стержня и доходить до сплошной линии, ограничивающей резьбу.

При изображении резьбы на плоскости, перпендикулярной к оси резьбы. тонкую линию окружности внутреннего диаметра резьбы проводят в виде дуги, примерно равной ¾ этой окружности. Разрыв окружности допускается делать в любом месте. Расстояние между сплошной и тонкой линиями обычно принимают равным не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Не принято на этом виде показывать фаску, а также начинать и кончать тонкую линию на центровых (осевых линиях).

3. 2. Изображение внутренней резьбы

Резьбу в отверстии изображают в плоскости разреза сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

На виде, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси резьбы, наружный диаметр резьбы изображают сплошной тонкой линией, приблизительно равной ¾ окружности, разомкнутой в любом месте.

Штриховку на разрезах и сечениях наносят до сплошных основных линий, соответствующих внутреннему диаметру резьбы в отверстии или наружному диаметру резьбы на стержне.

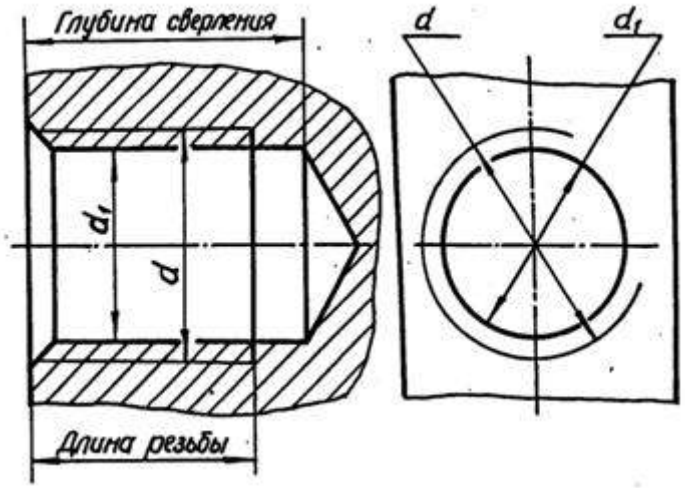


Рис. 10

3 . 3 . Изображение специальных резьб

При изображении резьб нестандартного профиля обязательно выявлять профиль резьбы либо с помощью местного разреза, либо – выносного элемента, указывая все необходимые размеры (наружный и внутренний диаметр резьбы, ширину впадины и шаг резьбы), а также и дополнительные данные: число захо-дов для многозаходной резьбы, направление для левой резьбы (рис. 11).

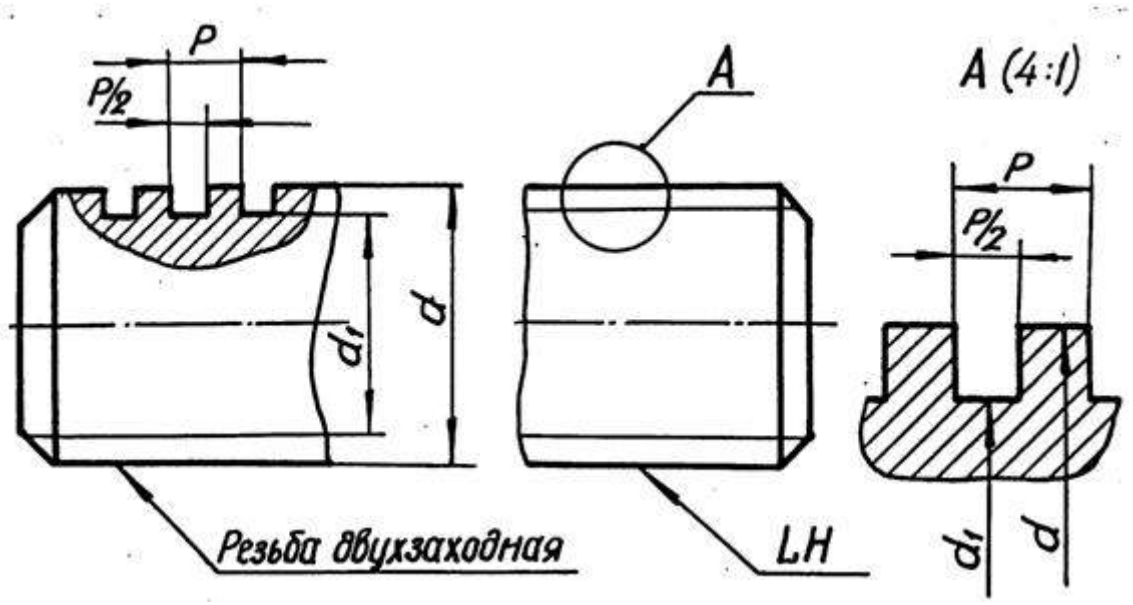


Рис. 11

3 . 4 . Изображение резьбового соединения

На разрезах резьбового соединения наружный диаметр стержня изображают сплошной основной линией, а внутренний диаметр резьбы – сплошной тонкой линией. В отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 12).

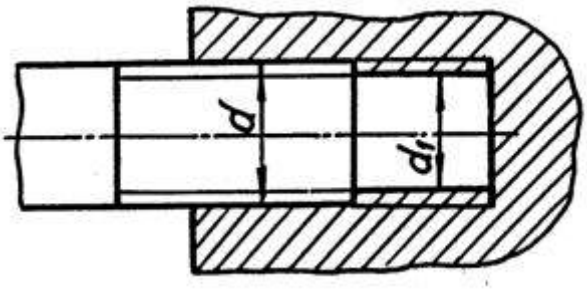
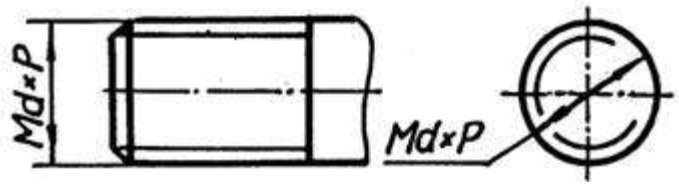
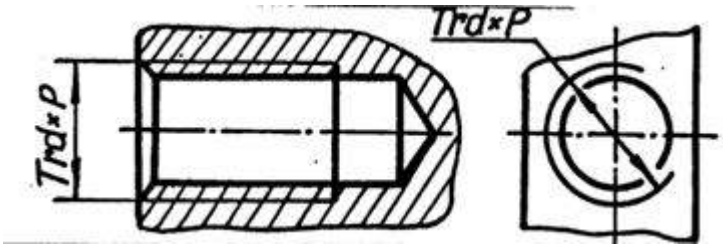
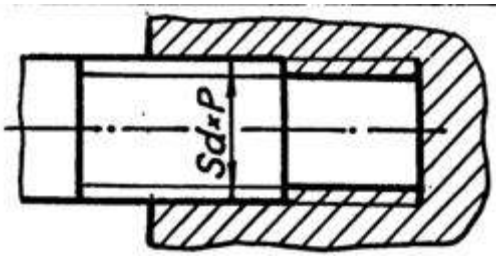
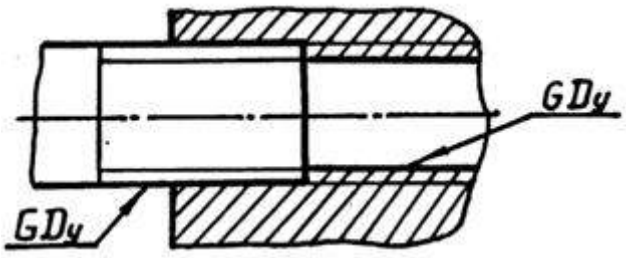


Рис. 12

4. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ

Обозначение стандартных резьб указывают по соответствующим нормативным документам. Условные обозначения резьб рассмотрены в гл. 2. Обозначение резьб на чертежах относят к ее наружному диаметру за исключением трубной и конической резьб, которые обозначают на линиях-выносках, оканчивающихся стрелкой. Стрелку проводят от контура резьбы (сплошной основной линии) (табл. 1).

Таблица 1

Типы резьб	Обозначение
Метрическая	
Трапецеидальная	
Упорная	
Трубная резьба цилиндрическая	

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ

В зависимости от условий и характера производства выполнение резьбы может осуществляться различными способами и инструментами. Для нарезания наружной резьбы применяется плашка, диаметр которой определяется диаметром и шагом резьбы. Метчик применяется для нарезания внутренней резьбы. Часто резьба нарезается на токарных или револьверных станках при помощи резца, заточенного в соответствии с профилем нарезаемой резьбы.

Резьбы имеют технологические элементы, связанные с выходом режущего инструмента из тела детали, к которым относятся: сбег, недорез, проточка и фаска. Технологические параметры резьбы зависят от угла заборной части резьбонарезающего инструмента и шага резьбы (параметры трубной цилиндрической резьбы зависят от диаметра условного прохода резьбы) и соответствуют ГОСТ 27148-86.

5 . 1 . Сбег резьбы

Заборный участок плашки оставляет на стержне резьбу с постепенно уменьшающимся профилем. Длина участка неполноценной резьбы в конце резьбовой части детали, где глубина ее сходит на нет, называется сбегом резь-бы. Сбег резьбы изображают сплошными тонкими линиями (рис. 13). Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбега, но его учитывают при конструировании деталей.

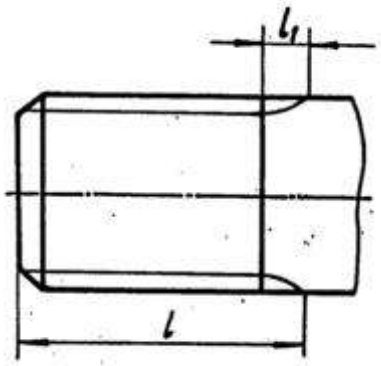


Рис. 13

5 . 2 . Недовод резьбы

В случае, когда вырезаемая часть стержня ограничивается опорной по-верхностью (буртиком, головкой, заплечником), при нарезании резьбы плашка во избежание поломки, обычно не доводится до упора в эту поверхность. Вели-чина ненарезанной части детали между концом сбега резьбы и упорной поверх-ностью называется недоводом резьбы. Недовод зависит от шага резьбы; он не больше двух шагов, а для внутренней – не более трех шагов.

5 . 3 . Недорез резьбы

Длина участка детали, состоящая из недовода и сбега при нарезании резьбы в упор называется недорезом (рис. 14).

Численные значения сбега и недовода резьбы стандартизованы ГОСТ 27148-86. Рекомендуется принимать длину участка недореза равной примерно трем шагам, но не более 0,5 d, где d – размер номинального диаметра резьбы.

5 . 2 . Фаска

До нарезания резьбы на конце стержня и в начале отверстия выполняются фаски. Эти фаски представляют собой коническую поверхность, образующая которой составляет с осью резьбы угол 45 . Фаски упрощают процесс нареза-ния резьбы и облегчают соединение между собой резьбовых деталей.

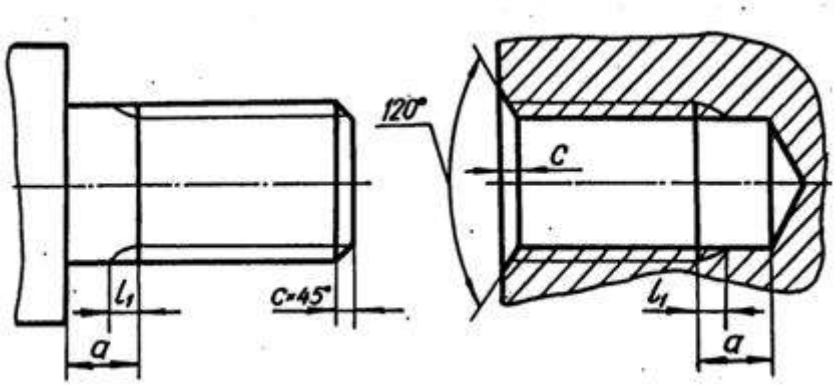


Рис. 14

5 . 5 . Проточка

С целью облегчения процесса нарезания резьбы обычно выполняются наружные или внутренние проточки для выхода резьбонарезающего инструмента. Если на участке сбега резьбы заранее вытачивается канавка, то при нарезании резьбы режущая часть инструмента выйдет в нее, и резьба на всем протяжении имеет полный профиль. Проточки могут иметь прямоугольный или полукруг-лый профиль.

Диаметр наружной проточки выполняется несколько меньшим внутреннего диаметра резьбы, диаметр же внутренней проточки выполняется несколь-ко большим наружного диаметра резьбы (рис. 15).

Форма и размеры наружных и внутренних проточек зависят от типа резь-бы и ее шага и устанавливаются ГОСТ 27148-86.

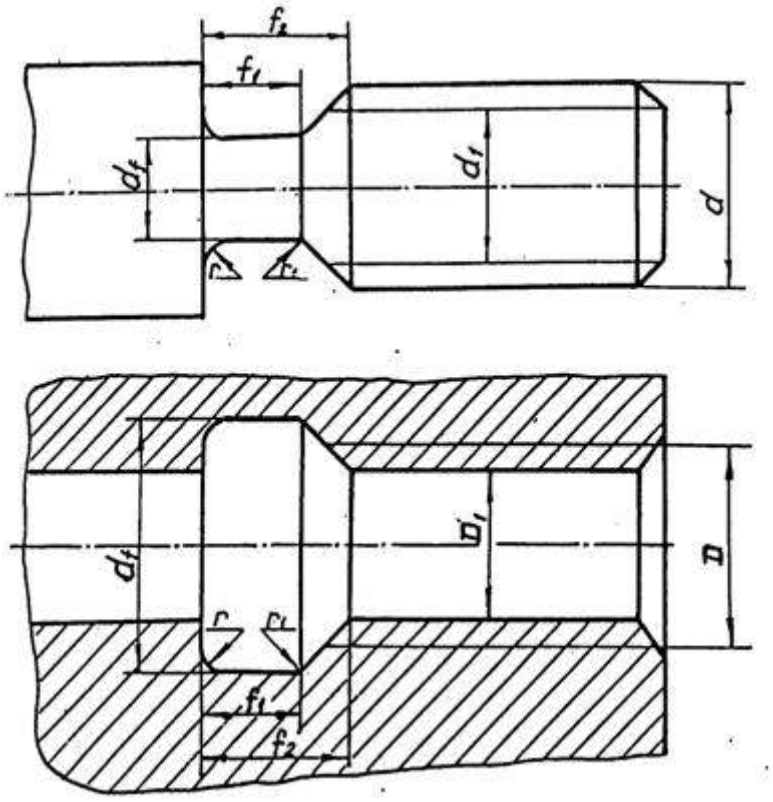


Рис. 15

6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ»

6 . 1 . Цель задания

Целью задания является изучение резьб, применяемых в машинострое-нии, условное изображение и обозначение резьбы и ее технологических эле-ментов. При изучении резьбы и выполнении задания студент должен приобре-сти навыки общения с государственными стандартами по данной теме.

6 . 2 . Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате ФЗ в масштабе 1:1. Вычертить вал в соответствии со своим вариантом, обозначив размеры технологических элементов резьб.

Выполнить сечение по шпоночному пазу.

Варианты заданий

Таблица 2

Номер варианта	Тип вала	Диаметр вала D_B	Левый конец вала			Правый конец вала		
			Тип резьбы	d	P	Тип резьбы	d	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	80	*M*	64	4,0	*S*	28	5,0
2	II	60	*Tr*	42	3,0	*M*	27	2,0
3	III	70	*M*	64	6,0	*Tr*	42	3,0
4	IV	26	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
5	I	60	*M*	42	4,0	*Tr*	48	3,0
6	II	63	*M*	30	3,5	*Tr*	44	3,0
7	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	27	3,0
8	IV	27	*M*	27	3,0	*Tr*	42	3,0
9	I	63	*M*	42	3,0	*S*	20	2,0
10	II	70	*Tr*	48	3,0	*M*	36	4,0
11	III	73	*M*	64	4,0	*Tr*	48	3,0

Продолжение табл. 2

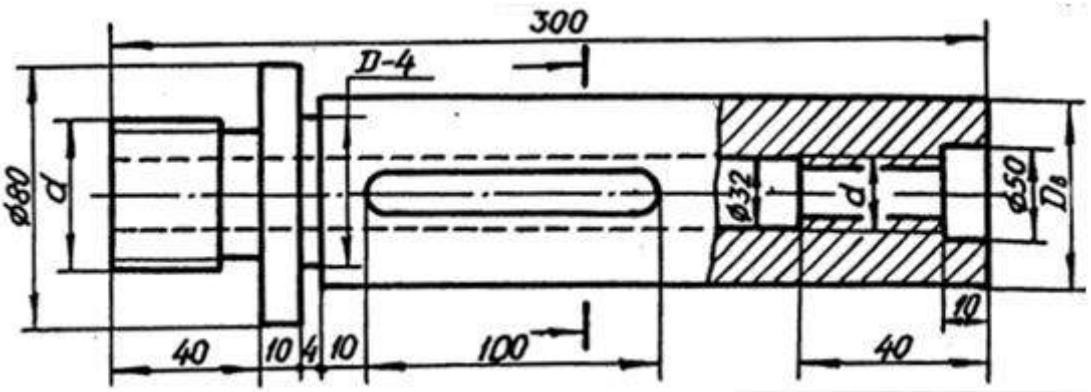
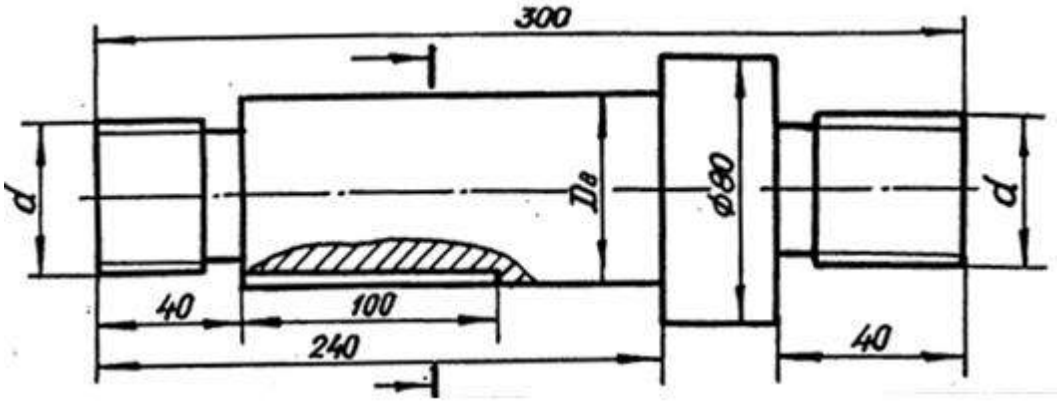
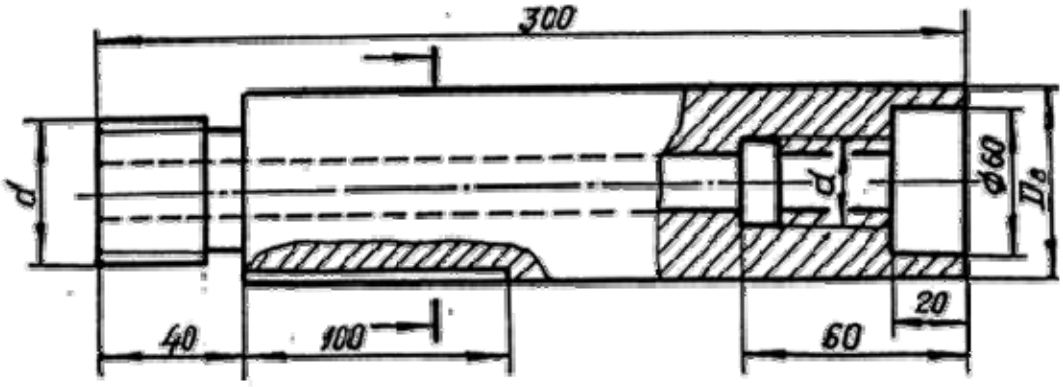
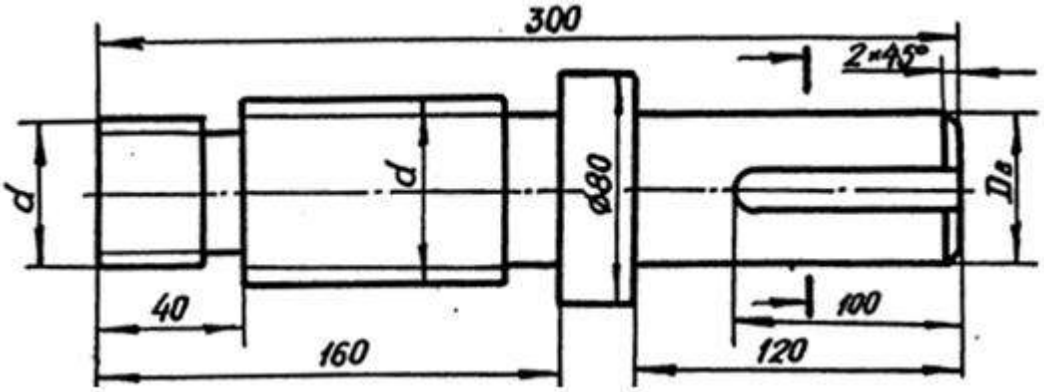
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	IV	30	*M*	30	3,5	*Tr*	42	3,0
13	I	70	*M*	64	3,0	*Tr*	24	2,0
14	II	60	*M*	48	2,0	*Tr*	40	3,0
15	III	75	*M*	60	4,0	*Tr*	42	3,0
16	IV	40	*M*	42	3,0	*Tr*	65	4,0
17	I	71	*M*	64	3,0	*Tr*	46	3,0
18	II	65	*Tr*	28	2,0	M	30	3,5
19	III	78	*M*	45	4,5	*Tr*	30	3,0
20	IV	28	*M*	24	2,0	*Tr*	44	3,0
21	I	73	*M*	52	5,0	*Tr*	28	2,0
22	II	67	*M*	42	3,0	*Tr*	30	3,0
23	III	80	*Tr*	50	3,0	*M*	24	3,0
24	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	46	3,0
25	I	75	*M*	48	3,0	*S*	22	2,0
26	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	48	3,0
27	III	82	*M*	56	5,5	*Tr*	40	3,0
28	IV	32	*M*	30	3,0	*Tr*	48	3,0
29	I	80	*M*	42	4,0	*Tr*	24	2,0
30	II	73	*M*	64	3,0	*Tr*	50	3,0
31	III	85	*Tr*	46	3,0	*M*	22	2,5
32	IV	28	*M*	24	1,5	*Tr*	40	3,0
33	I	85	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
34	II	80	*Tr*	42	3,0	*M*	33	2,0
35	III	70	*M*	39	1,5	*Tr*	24	2,0
36	IV	40	*M*	39	1,5	*Tr*	50	3,0
37	I	82	*M*	56	5,5	*Tr*	24	2,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
38	II	72	*M*	48	4,0	*Tr*	50	3,0
39	III	71	*Tr*	50	3,0	*M*	30	3,5
40	IV	36	*M*	42	2,0	*Tr*	52	3,0
41	I	63	*M*	48	2,0	*S*	26	5,0
42	II	71	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
43	III	73	*M*	48	3,0	*Tr*	28	2,0
44	IV	40	*M*	42	4,5	*Tr*	60	3,0
45	I	80	*M*	64	6,0	*Tr*	28	2,0
46	II	75	*M*	30	3,0	*Tr*	24	2,0
47	III	75	*Tr*	65	4,0	*M*	36	3,0
48	IV	28	*M*	24	3,0	*Tr*	40	3,0
49	I	65	*M*	42	3,0	*S*	26	2,0
50	II	80	*Tr*	55	3,0	*M*	39	4,0
51	III	78	*M*	64	4,0	*Tr*	44	3,0
52	IV	32	*M*	27	2,0	*Tr*	42	3,0
53	I	67	*M*	48	5,0	*S*	26	2,0
54	II	82	*M*	48	2,0	*Tr*	65	4,0
55	III	80	*Tr*	52	3,0	*M*	36	4,0
56	IV	40	*M*	42	4,0	*Tr*	65	4,0
57	I	78	*M*	48	4,0	*S*	32	6,0
58	II	85	*Tr*	42	3,0	*M*	42	4,0
59	III	82	*M*	48	3,0	*S*	32	3,0
60	IV	36	*M*	30	1,5	*Tr*	44	3,0

Типы валов

Таблица 3

Тип вала	Исходный чертеж	
	Левый конец вала	Правый конец вала
I		
II		
III		
IV		

7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

7 . 1 . Конец вала с метрической резьбой на стержне

По заданию на конце вала необходимо изобразить метрическую резьбу с ее технологическими элементами и нанести размерную сетку (рис. 16). Приступая к вычерчиванию, рекомендуется необходимые размеры сводить в табл. 4, например, требуется изобразить метрическую резьбу с номинальным диаметром 36 мм и шагом 3 мм.

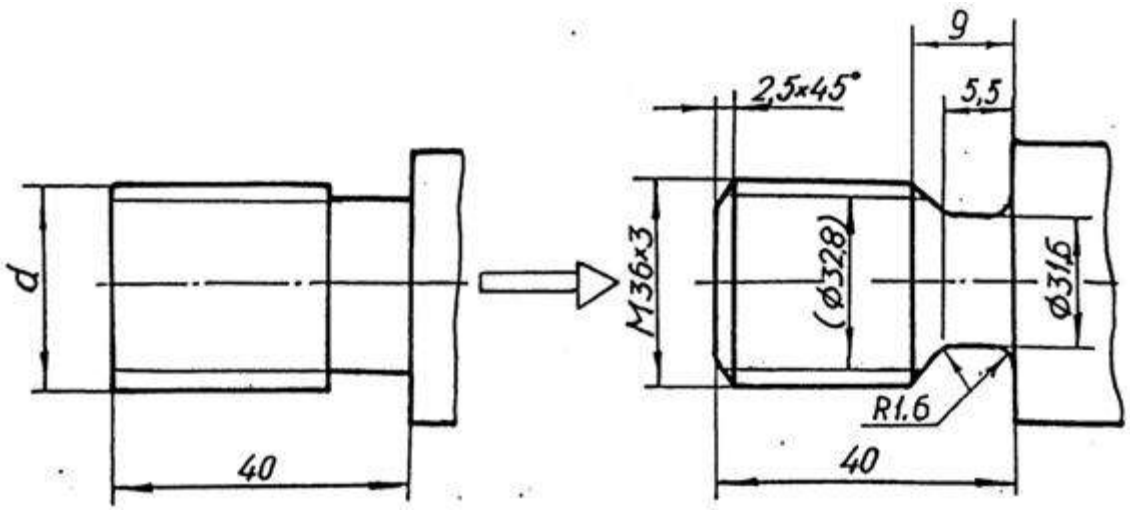


Рис. 16

Таблица 4

Размеры	Обозначение	Величина	Номер табл.	Стр.
Тип резьбы	*M*		2	20…22
Номинальный диаметр резьбы	*d*	36		
Шаг резьбы	*P*	3	2	
Вид шага		мелкий	5	
Внутренний диаметр резьбы	D_1	32,8	5	
Диаметр проточки	*d*	*d*-4.4	6	
Ширина проточки (нормальной)	f_1 min	5,2	6	
	f_2 max	9,0	6	
Радиусы скругления проточки	r	*P*: 2~1,6	6	
Высота фаски	c	2,5	6	

Таблица 5

Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы		Шаг метрической резьбы P	Диаметр резьбы	
	наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$		наружный $d(D)$	внутренний $d_1(D_1)$
с крупным шагом			с мелким шагом		
1	6	4,9	1,5	24	22,4
1,25	8	6,6		30	28,4
1,5	10	8,4		39	37,4
1,75	12	10,1	2	20	17,8
2	14	11,8		24	21,8
2	16	13,8		27	24,8
2,5	18	15,3		30	27,8
2,5	20	17,3		33	30,8
2,5	22	19,3		36	33,8
3	24	20,8		42	39,8
3	27	23,8		48	45,8
3,5	30	26,2		72	69,8
2,5	33	29,2	3	30	26,8
4	36	31,7		36	33,8
4	39	34,7		42	38,8
4,5	42	37,1		48	44,8
4,5	45	40,1		64	60,8
5	48	42,3	4		
5	52	46,6		42	37,7
5,5	56	50,0		48	43,7
5,5	60	54,0		64	59,7
6	64	57,5			
6	68	61,5			

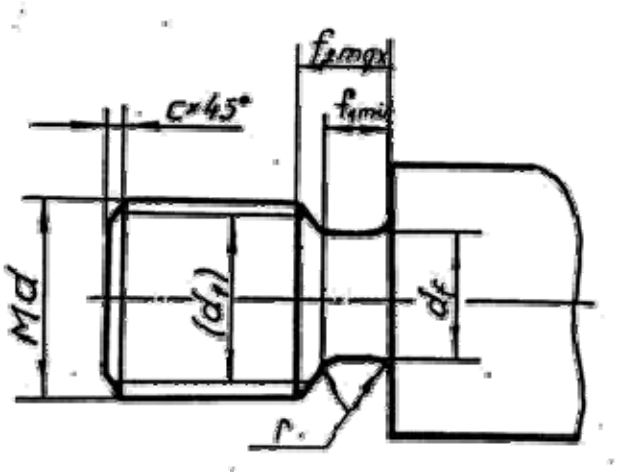


Таблица 6

Шаг резьбы	Номинальный диаметр резьбы с крупным шагом	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
			f_1min	f_2max	f_1min	f_2max		
1	6; 7	d-1,6	1,6	3,0	1,1	2,5	0,6	1,0
1,5	10	d-2,3	2,5	4,5	1,8	3,8	0,8	1,6
2	14; 16	d-3,0	3,4	6,0	2,5	5,0	1,0	2,0
2,5	18; 20; 22	d-3,6	4,4	7,5	3,2	6,3	0,2	2,5
3	24; 27	d-4,4	5,2	9,0	3,7	7,5	1,6	2,5
3,5	30; 33	d-5,0	6,2	10,5	4,7	9,0	1,6	2,5
4	36; 39	d-5,7	7,0	12,0	5,0	10,0	2,0	3,0
4,5	42; 45	d-6,4	8,0	13,5	5,5	11,0	2,0	3,0
5	48; 52	d-7,0	9,0	15,0	6,5	12,5	2,5	4,0
5,5	56; 60	d-7,7	11,0	17,5	7,5	14,0	3,2	4,0
6	64; 68	d-8,3	11,0	18,0	8,0	15,0	3,2	4,0

7 . 2 . Конец вала с метрической резьбой в отверстии

При вычерчивании в отверстии метрической резьбы внутренний диаметр определяется по табл. 5, а размеры проточки – по табл. 7.

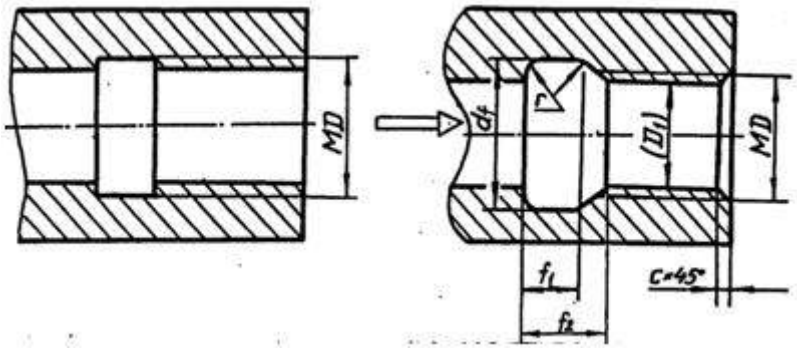
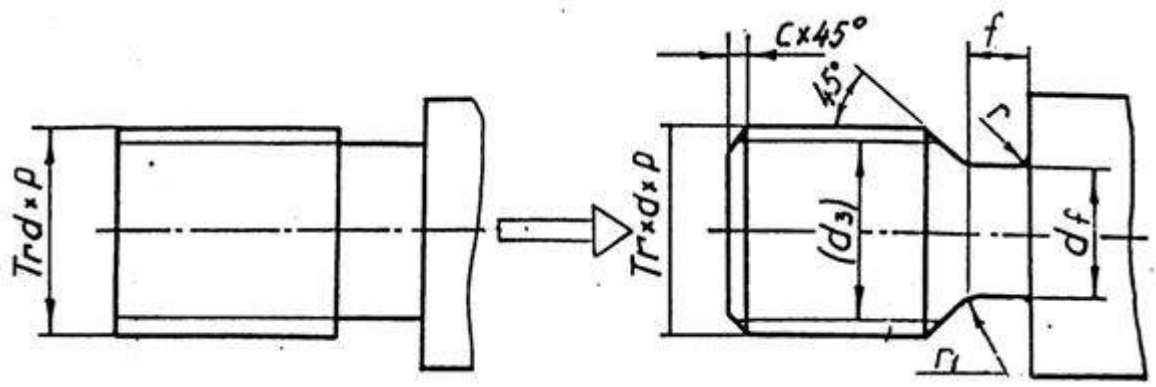


Таблица 7

Шаг резьбы	d_f	Проточка нормальная		Проточка узкая		r 0,5P	c
		$f_1$min	$f_2$max	$f_1$min	$f_2$max		
1	d+0,5	4	5,2	2,5	3,7	0,6	1,0
1,5	d+0,5	6	7,8	3,8	5,6	0,8	1,6
2	d+0,5	8	10,3	5,0	7,3	1,0	2,0
2,5	d+0,5	10	13,0	6,3	9,3	0,2	2,5
3	d+0,5	12	15,2	7,5	10,7	1,6	2,5
3,5	d+0,5	14	17,0	9,0	12,7	1,6	2,5
4	d+0,5	16	20,0	10,0	14,0	2,0	3,0
4,5	d+0,5	18	23,0	11,0	16,0	2,0	3,0
5	d+0,5	20	26,0	12,5	18,5	2,5	4,0
5,5	d+0,5	22	28,0	14,0	20,0	3,2	4,0
6	d+0,5	24	30,0	15,0	21,0	3,2	4,0

7 . 3 . Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне

При вычерчивании резьбы на стержне внутренний диаметр определяют по табл. 8, а размеры проточки – по табл. 9.



Шаг резьбы	Диаметр			
	Наружная резьба		Внутренняя резьба	
P	d, D	d_3	D_1, d_1	D_4
2	24	21,5	22,0	24,5
	28	25,6	26,0	28,5
3	30	26,5	27,0	30,5
	40	36,5	37,0	40,5
	42	38,5	39,0	42,5
	44	40,5	41,0	44,5
	46	42,5	43,0	46,5
	48	44,5	45,0	48,5
	50	46,5	47,0	50,5
	52	48,5	49,0	52,5
	55	51,5	52,0	55,5
	60	56,5	57,0	60,5
4	65	60,5	61,0	65,5

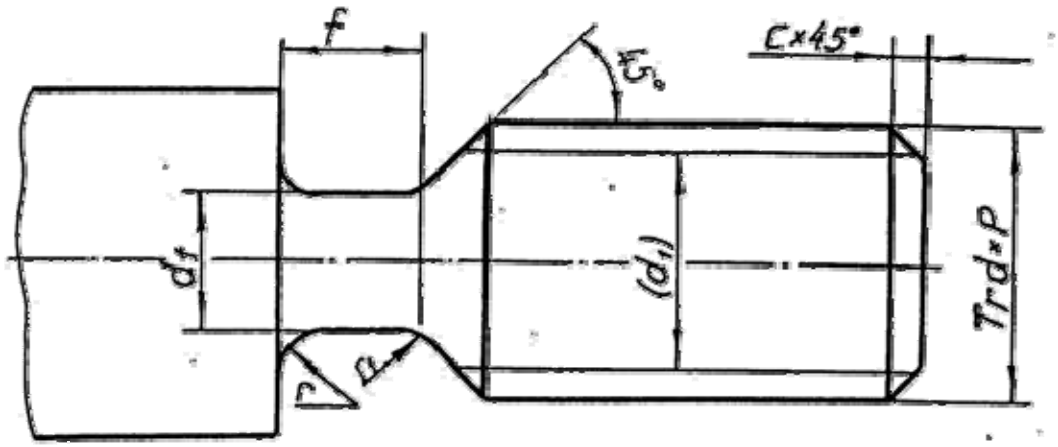


Таблица 9

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	*d*-3,0	3	1,0	0,5	1,6
3	*d*-4,2	5	1,6	0,5	2,0
4	*d*-5,2	6	1,6	1,0	2,5
5	*d*-7,0	8	2,0	1,0	3,0
6	*d*-8,0	10	3,0	1,0	3,5
8	*d*-10,2	12	3,0	1,0	4,5
10	*d*-12,5	16	3,0	1,0	5,5

7 . 4 . Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии

При вычерчивании трапецеидальной резьбы в отверстии следует учитывать зазор между стержнем и «гайкой», изображение выполняют по размерам диаметров, указанных в табл. 8, но на чертеже обозначают резьбу по номинальному размеру. Проточку вычерчивают по размерам, приведенным в табл. 10.

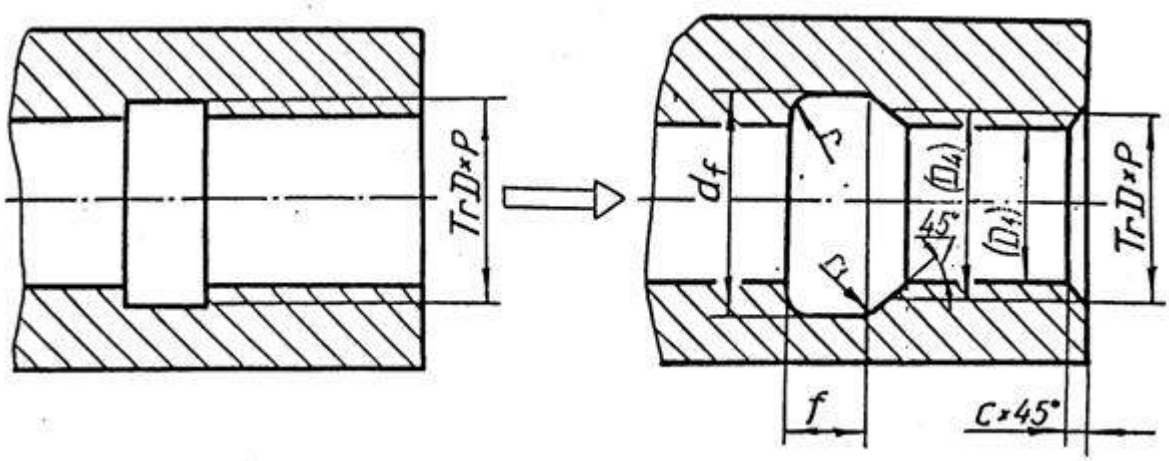


Таблица 10

Шаг резьбы	d_f	f_1	r	r_1	c
2	d+1,0	3	1,0	0,5	1,6
3	d+1,0	5	1,6	0,5	2,0
4	d+1,1	6	1,6	1,0	2,5
5	d+1,6	8	2,0	1,0	3,0
6	d+1,6	10	3,0	1,0	3,5
8	d+1,8	12	3,0	1,0	4,5
10	d+1,8	16	3,0	1,0	5,5

7 . 5 . Конец вала с упорной резьбой в отверстии

Размеры, необходимые для вычерчивания упорной резьбы, представлены в табл. 11.

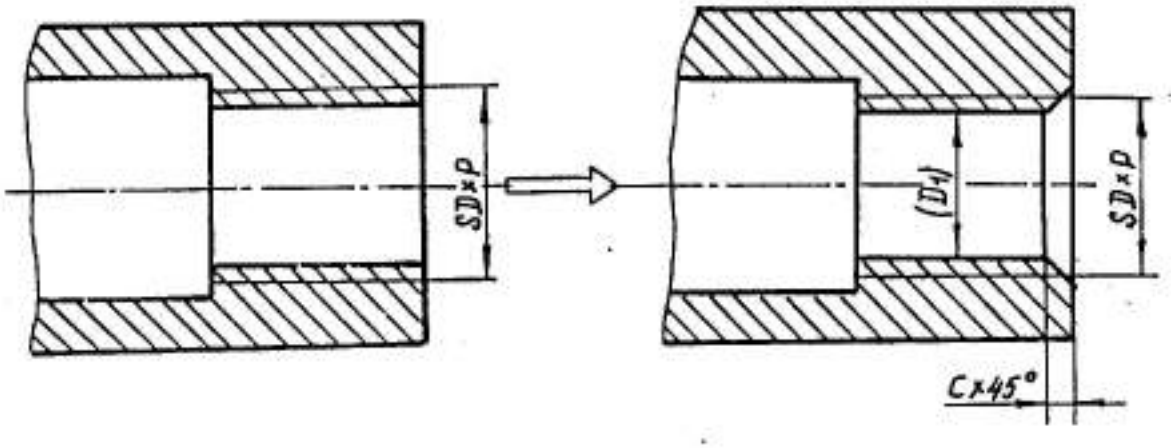


Таблица 11

Шаг резьбы *P*	Диаметр		Фаска *c*
	Наружный *d*, *D*	Внутренний D_1	
2	20	17,0	1,6
2	22	19,0	1,6
2	26	23,0	1,6
3	32	27,5	2,0
5	26	18,5	3,0
5	28	20,5	3,0
6	32	23,0	3,5

7 . 6 . Изображение шпоночного паза Г ОС Т 233 60 – 78

Шпонкой называется деталь, устанавливаемая в пазах двух соприкасающихся деталей для предотвращения их относительного перемещения и для передачи крутящего момента.

Форму шпоночного паза на валу обычно показывают сечением. Размеры шпоночного паза, зависящие от диаметра цапфы вала, представлены в табл. 12.

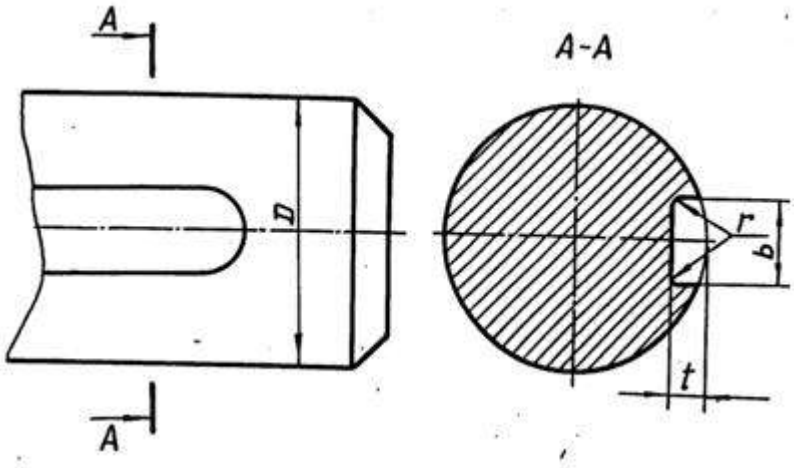
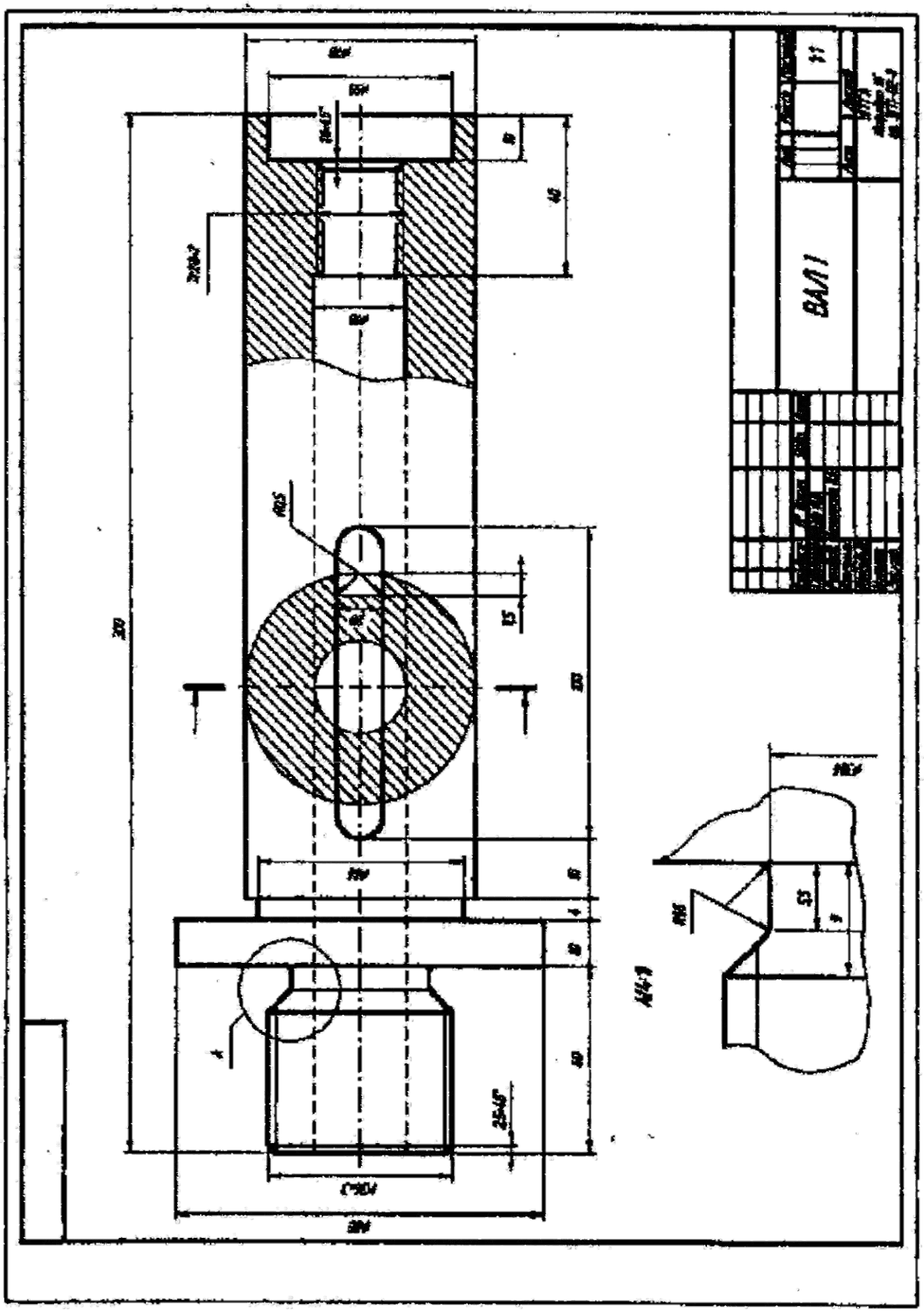
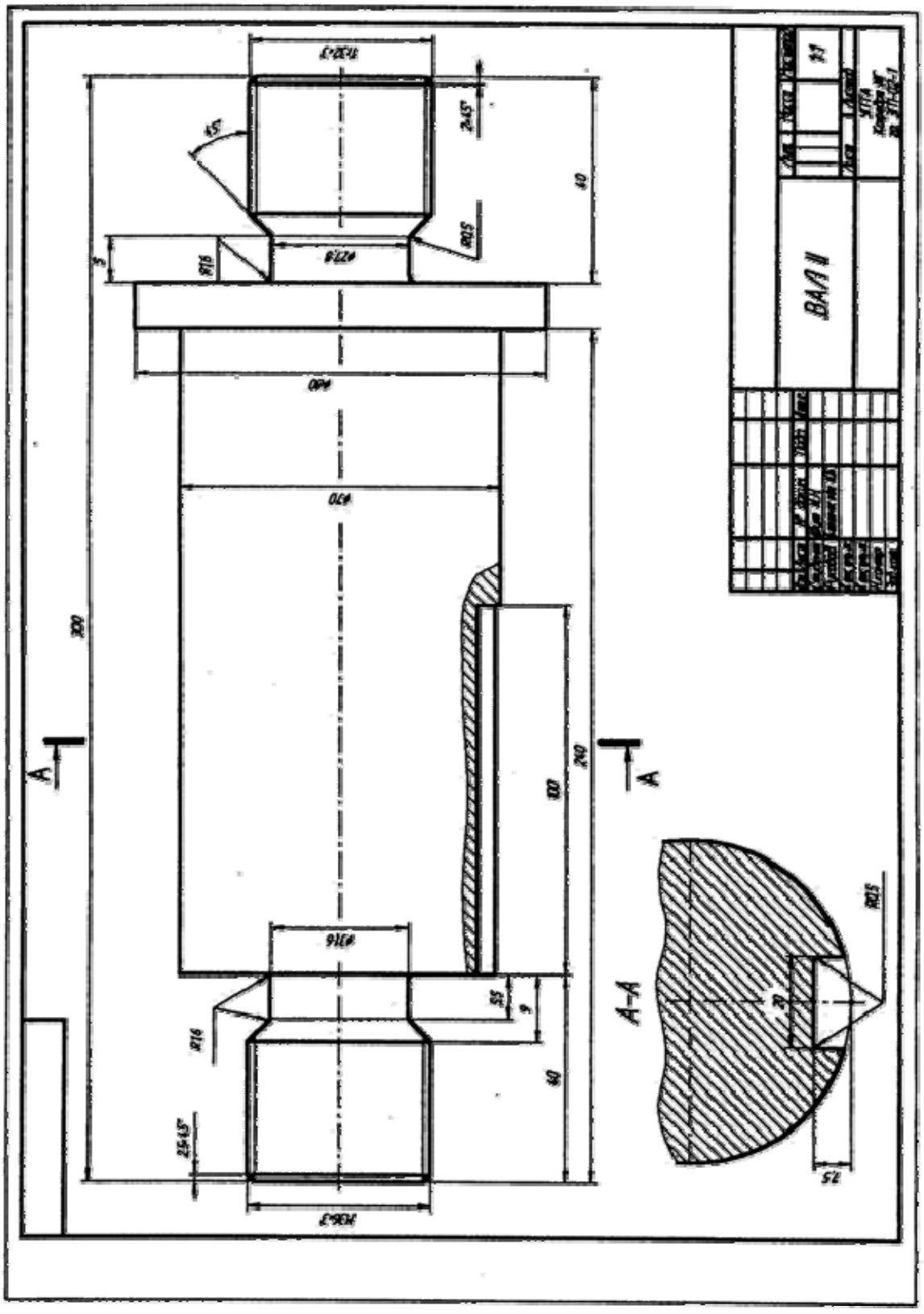
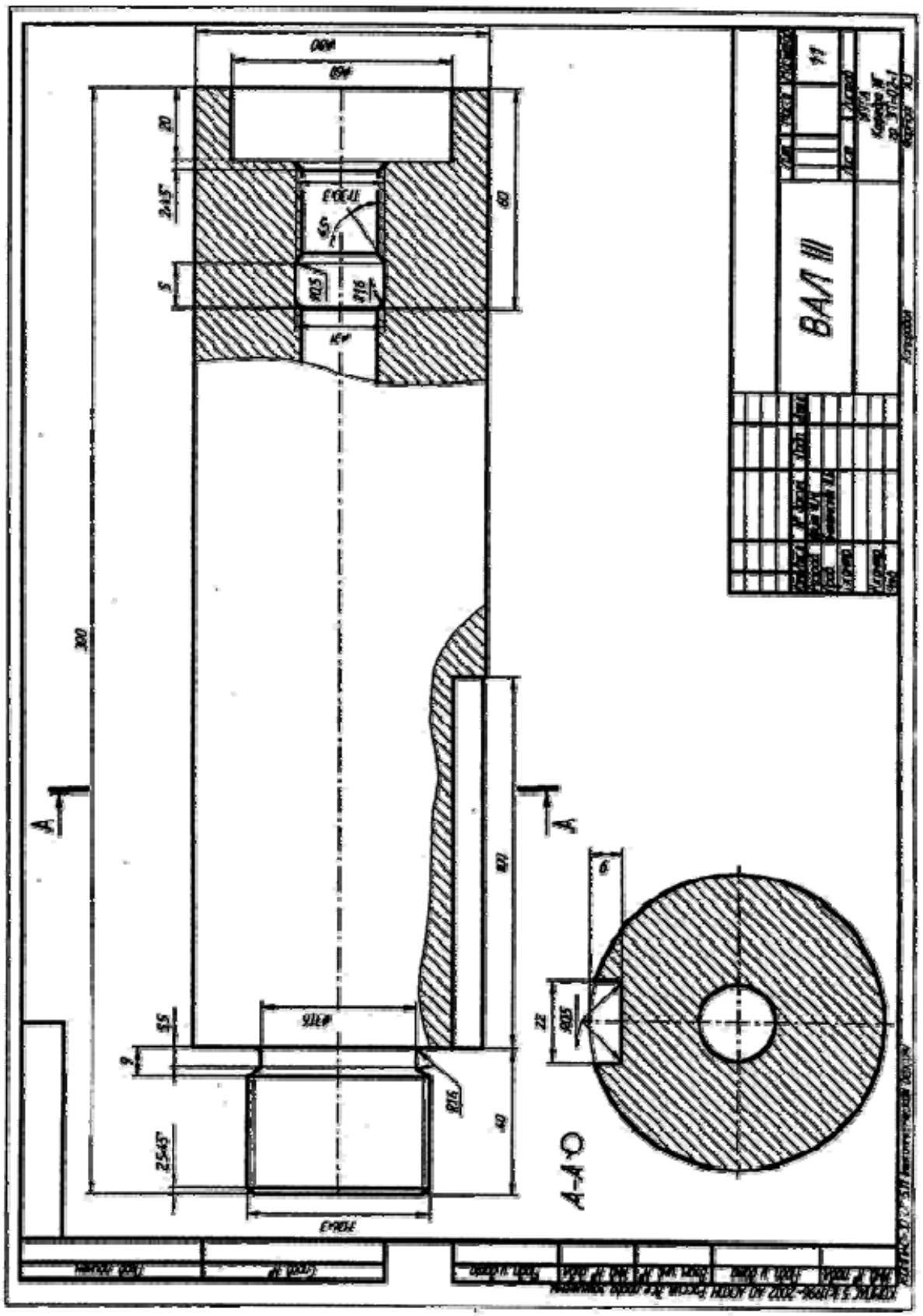


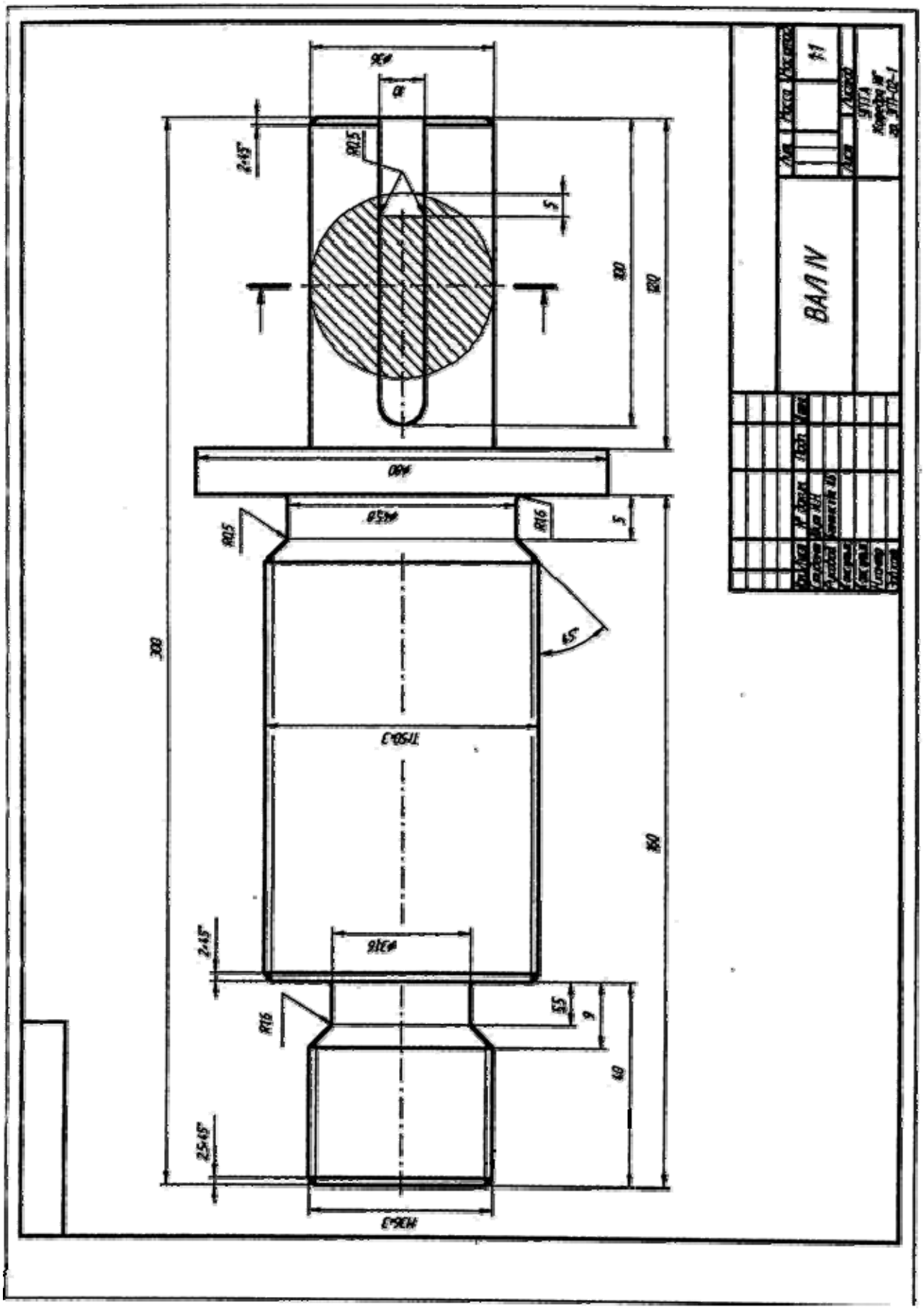
Таблица 12

Диаметр вала О	Шпоночный паз		
	Ширина *b*	Глубина *t*	Радиус закругления *r*
Свыше 22 до 30	8	4,0	От 0,16 до 0,25
30 38	10	5,0	0,25 0,40
38 44	12	5,0	0,16 0,40
44 50	14	5,5	0,25 0,40
50 58	16	6,0	0,25 0,40
58 65	18	7,0	0,25 0,40
65 75	20	7,5	0,40 0,60
75 85	22	9,0	0,40 0,60




ВАЗ II
А-А
А
А


ВАЛ III
А-А
300
20
245
60
5
55
2
40
2545
6
22


ВАЛ IV
1:1
2×45°
R0,5
5
100
120
R16
45°
300
180
2×45°
55
9
40
2,5×45°

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1990.
2. *Баева Г. Г.* Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
3. ГОСТ 27148-86 (СТ СЭВ 214-86). Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры.
4. *Попова Г. Н., Алексеев С. Ю.* Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1986.
5. *Потишко А. В., Крушевская Д. П.* Справочник по инженерной графике. – Киев: Будівельник, 1983.
6. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 1985.
7. *Розов С. В.* Курс машиностроительного черчения с элементами автоматизированного контроля. - М.: Машиностроение, 1980.
8. *Чекмарев А. А., Осипов В. К.* Справочник по машиностроительному чер-чению. М.: Высшая школа, 1994.

Ирина Борисовна Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

«Резьба»

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Подписано в печать . .201 г.
Бумага офсетная. Формат бумаги 60 84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе. Печ. л. 2,4 Уч.-изд. 2,05. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30 Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.
БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……..… 4
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ……...5
СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ ……6
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ …..... 13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……..... 18

ВВЕДЕНИЕ

Болтовые соединения широко применяются во всех отраслях промышленности и строительства, трудно представить себе машину или механизм без этого вида соединения.

При выполнении машиностроительных чертежей значительную часть времени конструктор затрачивает на вычерчивание изображения крепежных деталей и в частности болтов, гаек и т.д.

В этой связи необходимо отметить, что выполнение всех правил, установленных соответствующими стандартами, а также рекомендаций справочников, учебников, основанных на опыте конструкторов, значительно облегчают и упрощают этот трудоемкий процесс.

Настоящее методическое пособие предназначено для изучения и закрепления знаний, указанных правил и рекомендаций.

Работа содержит исходные данные индивидуальных заданий, описание основных крепежных деталей болтового соединения, методику определения размеров, необходимых для выполнения чертежа соединения деталей болтами различных конструкций, а также принципы формирования условных обозначений крепежных деталей.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Чертеж болтового соединения является частью задания «Условности машиностроительного черчения». Это задание выполняют студенты технологических и механических специальностей университета.

Работу выполняют в формате А 4 карандашом. Оформляется чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД. Масштаб изображения следует выбирать в зависимости от размеров крепежных деталей.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Чертеж болтового соединения (рис. 2) содержит три изображения: полный фронтальный разрез, расположенный на месте главного вида, вид сверху и вид слева; на изображениях следует нанести обозначения резьбы, длину болта и размер под ключ. Кроме того, чертеж должен содержать условные обозначения крепежных изделий.

В качестве исходных параметров для выполнения чертежа дана толщина соединяемых деталей и вид крепежных изделий, определенный стандартами, а также размер резьбы болта. Эти данные приведены в таблице 1.

Общие сведения о крепежных деталях болтового соединения.

Соединение деталей болтом обычно состоит из трех стандартных крепежных изделий: болт, гайка и шайба. В некоторых случаях, обычно когда болтовое соединение работает в условиях повышенной вибрации, для предотвращения самопроизвольного отвинчивания гайки применяются шплинты (рис. 1). ***Шплинтом*** называется изделие, изготовленное из стальной проволоки полукруглого сечения, сложенной вдвое и предназначенное для фиксирования болта относительно гайки. Основными параметрами шплинта является его длина l и условный диаметр d_0. Условный диаметр шплинта равен диаметру отверстия болта под шплинт.

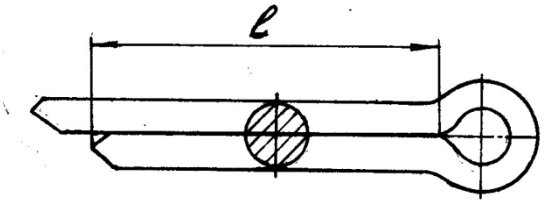


Рис. 1. Шплинт

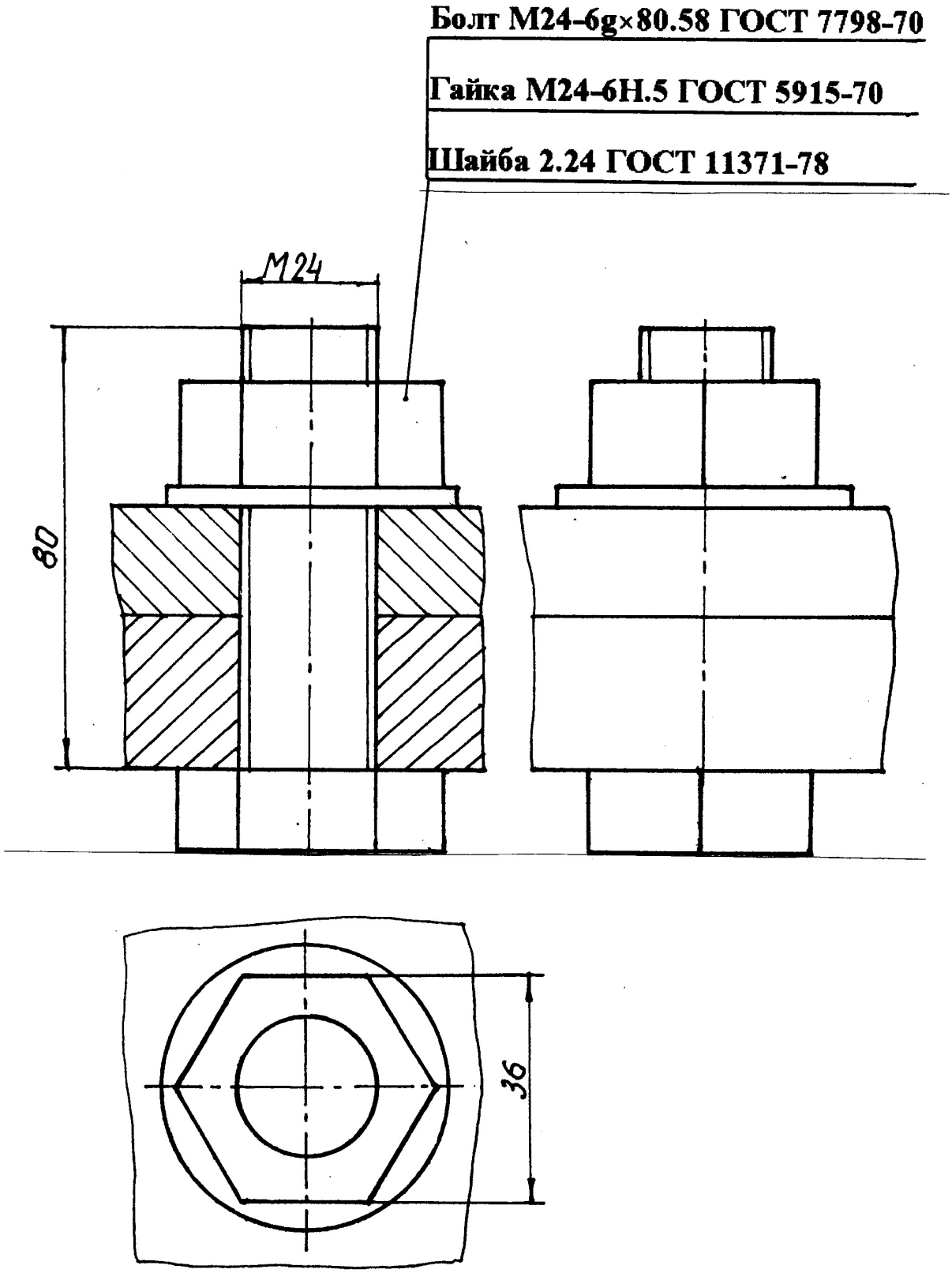


Рис. 2. Чертеж болтового соединения

Исходные данные

Таблица 1

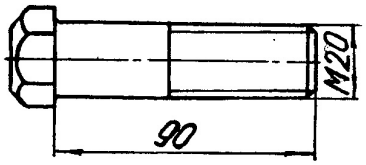
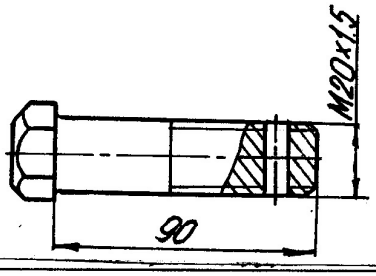
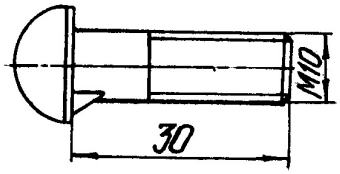
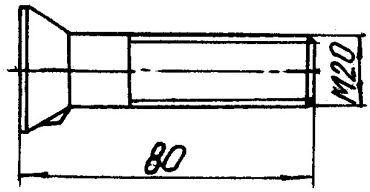
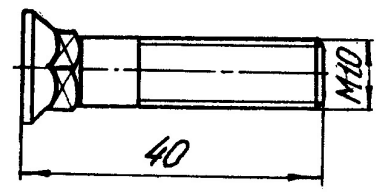
Номер варианта	БОЛТ					ГАЙКА		ШАЙБА
	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Исполнение	Толщина деталей	Номер ГОСТ	Исполнение	Номер ГОСТ	Номер ГОСТ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20	2,5	1	40 40	7796-70	2	5915-70	11371-78
2	10	1,5	1	30 30	7783-81	1	5916-70	11371-78
3	10	1,25	4	10 20	7798-70	2	5918-73	6958-78
4	12	1,75	2	20 40	7785-81	2	5916-70	11371-78
5	12	1,25	1	15 20	7805-70	-	5927-70	10450-78
6	16	2,0	-	20 20	7786-81	1	5915-70	11371-78
7	24	2,0	2	30 40	7796-70	1	5918-73	11371-78
8	10	1,5	1	30 30	7783-81	1	3032-76	10450-78
9	12	1,75	3	20 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
10	12	1,75	-	20 50	7786-81	2	3032-76	6958-78
11	16	2,0	2	30 30	7805-70	-	5918-73	11371-78
12	16	2,0	1	40 40	7785-81	1	3032-76	10450-78
13	30	3,5	3	50 40	7796-70	1	5916-70	6958-78
14	20	2,5	2	30 50	7783-81	2	3032-76	6958-78
15	16	1,5	2	20 20	7798-70	1	5918-73	10450-78
16	10	1,5	2	15 15	7785-81	1	3032-76	10450-78
17	20	1,5	3	40 10	7805-70	-	5927-70	11371-78
18	12	1,75	-	10 40	7786-81	2	3032-76	6958-78
19	40	3,0	4	50 50	7796-70	2	5918-73	6958-78
20	16	2,0	1	40 30	7783-81	1	3032-76	10450-78
21	12	1,75	1	20 10	7798-70	-	15523-70	6402-70
22	20	2,5	1	30 30	7785-81	2	3032-76	6958-78
23	24	3,0	1	50 40	7805-70	-	5927-70	10450-78

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	10	1,5	-	30 50	7786-81	1	3032-76	10450-78
25	16	2,0	1	20 40	7796-70	2	5916-70	11371-78
26	12	1,75	2	20 30	7783-81	2	5915-70	11371-78
27	24	2,0	4	20 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
28	16	2,0	1	20 40	7785-81	1	5916-70	11371-78
29	30	3,5	3	40 40	7798-70	-	15523-70	6958-78
30	20	2,5	-	20 40	7786-81	2	5916-70	11371-78
31	12	1,25	2	30 20	7796-70	1	5918-73	10450-78
32	16	2,0	1	15 25	7783-71	1	3032-76	10450-78
33	30	2,0	2	30 40	7805-70	2	5918-73	11371-78
34	6	1,0	1	10 10	7785-81	1	5915-70	6958-78
35	8	1,0	3	10 20	7805-70	-	5927-70	6402-70
36	8	1,25	-	15 20	7786-81	2	3032-76	10450-78
37	10	1,5	3	20 10	7796-70	1	5916-70	11371-78
38	10	1,5	2	20 10	7783-81	2	5915-70	6958-78
39	36	3,0	2	50 10	7798-70	1	5918-73	6958-78
40	12	1,75	2	20 25	7785-81	1	3032-76	10450-78
41	10	1,25	1	15 25	7805-70	-	5927-70	6402-70
42	16	2,0	-	20 15	7786-81	1	5915-70	6968-78
43	20	1,5	5	30 20	7796-70	2	5915-70	11371-78
44	16	2,0	1	10 30	7783-81	2	3032-76	10450-78
45	20	2,5	1	10 30	7798-70	-	15523-70	6402-70
46	6	1,0	1	10 8	7785-81	2	5915-70	6958-78
47	16	1,5	2	30 20	7805-70	2	5918-73	11371-78
48	8	1,25	-	10 12	7786-81	1	3032-76	10450-78
49	24	3,0	1	20 40	7796-70	2	5916-70	6958-78
50	10	1,5	2	10 25	7783-81	1	5915-70	11371-78

Таблица 2

Изображение и обозначение болтов

Изображение	Условные обозначение	Расшифровка обозначения
	Болт М20-6g×90.58 ГОСТ 7798-70	Болт исполнения 1, диаметром резьбы d=20 мм, длиной l=90мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6g, класса прочности 5.8, без покрытия.
	Болт 2М20×1,5-6g×90.58 ГОСТ 7798-70	Болт исполнения 2, диаметром резьбы d=20 мм, длиной l=90мм, с мелким шагом резьбы с полем допуска 6g, класса прочности 5.8, без покрытия.
	Болт С М10-6g×30.46.019 ГОСТ 7783-81	Болт с диаметром резьбы d=10 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l=30 мм, класса прочности 4.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.
	Болт С М20-6g×80.56.019 ГОСТ 7785-81	Болт с диаметром резьбы d=20 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l=80 мм, класса прочности 5.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.
	Болт С М10-6g×40.46.019 ГОСТ 7786-81	Болт с диаметром резьбы d=10 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6g, длиной l= 40 мм, класса прочности 4.6, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.

Условное обозначение шплинта должно содержать условный диаметр, длину, условное обозначение материала и покрытия, толщину покрытия и наименование стандарта. Если шплинт изготовлен из низкоуглеродистой стали, то условное обозначение материала не указывается. При отсутствии покрытия шплинта его вид и толщина в обозначении не указываются.

Например, шплинт с условным диаметром 8 мм, длиной 32 мм из низкоуглеродистой стали без покрытия: *Шплинт 8×32 ГОСТ 379 - 70*.

Основными деталями болтового соединения являются болт и гайка. ***Болт*** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом. На резьбовую часть болта навинчивается гайка.

Обычно в болтовом соединении применяются стандартные болты. В зависимости от условий работы и функционального назначения болты могут иметь различную форму стержня, форму и размер головки, параметры резьбы, характер исполнения и т. п. Все эти характеристики детали установлены соответствующим стандартом.

Условное обозначений болта, в общем случае, должно содержать следующие данные: название детали, класс точности, исполнение, условное обозначение резьбы, поле допуска, длину болта, класс прочности, характеристику материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия, условное обозначение стандарта. В условном обозначении болта не указывают исполнение 1, отсутствие покрытия, а также характеристику материала, если деталь выполнена из углеродистой нелигированной стали и соответствует техническим требованиям ГОСТ 1759.4 - 87. Кроме того, не указывают класс точности В, если стандартом на изделие предусмотрено два класса точности (А и В).

Примеры условного обозначения болтов различных конструкций приведены в таблице 2.

Гайка представляет собой деталь, имеющую отверстие с резьбой для навинчивания на болт или шпильку. Как правило, в соединениях применяются стандартные гайки. В некоторых случаях, вследствие специфических условий, могут быть применены гайки нестандартные.

В зависимости от условий эксплуатации соединения устанавливают гайки различных конструкций, например, для соединений работающих в условиях повышенной вибрации, обычно применяют про-

резные и корончатые гайки со шплинтами. В тех случаях, когда необходимо навинчивать гайку вручную, используют гайки–барашки.

Условное обозначение гайки, в общем случае, должно содержать следующие характеристики: название детали, класс точности, исполнение, условное обозначение резьбы, поле допуска, класс прочности, характеристику материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия, условное обозначение стандарта. В условном обозначении гайки не указывают исполнение 1, отсутствие покрытия, а также характеристику метериала, если деталь выполнена из углеродистой нелигированной стали и соответствует требованиям ГОСТ 17595-87. Не указывается в обозначении класс точности В, если стандартом на эту деталь установлено два класса точности (А и В). Примеры обозначения стандартных гаек различных конструкций приведены в таблице 3.

Шайбой называется деталь, которую устанавливают между гайкой или головкой болта и поверхностью одной из деталей. Она служит для предохранения материала детали от повреждения, а также для предотвращения самопроизвольного развинчивания крепежных деталей.

Условные обозначения шайбы включают следующую информацию: название детали, класс точности, если стандарт предусматривает два класса, исполнение, диаметр резьбы крепежной детали, толщину шайбы, условное обозначение марки (группы) материала, обозначение вида покрытия, толщину покрытия. Толщина шайбы указывается только в том случае, если стандартом на данный вид шайбы такой толщины не предусмотрено. Марка материала указывается только в том случае, если шайба изготовлена из материала не соответствующего техническим требованиям, установленным ГОСТ 18123 - 82. При отсутствии покрытия не указываются его условные обозначения и толщина. Примеры условных обозначений шайб приведены в таблице 4.

Таблица 3

Изображение и обозначение гаек

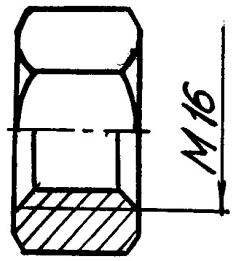
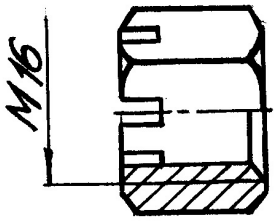
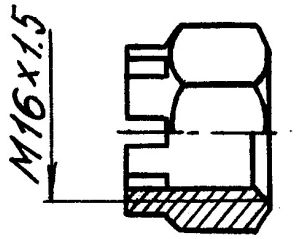
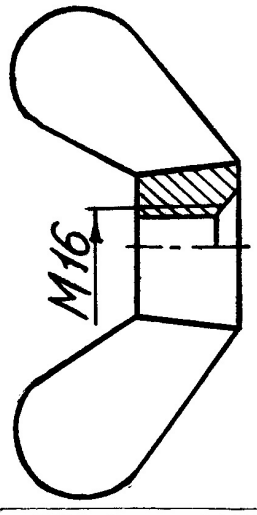
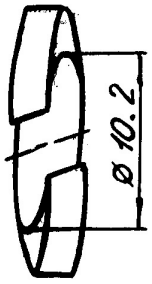
Изображение	Условные обозначения	Расшифровка обозначения
	**Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5915-70**	**Гайка исполнения 1, с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса прочности 5, без покрытия.**
	**Гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5918-73**	**Гайка класса точности В, исполнения 1, с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса точности 5, без покрытия.**
	**Гайка 2 М16×1,5-6Н.5.019 ГОСТ 5918-73**	**Гайка класса точности В, исполнения 2, с диаметром резьбы d=16 мм, с мелким шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса точности 5, с покрытием 01 толщиной 9 мкм.**
	**Гайка М16-6Н.6 ГОСТ 3032-76**	**Гайка - барашек с диаметром резьбы d=16 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6Н, класса прочности 6, без покрытия.**

Таблица 4

Изображения и обозначения шайб

Изображение	Условные обозначения	Расшифровка обозначения
	Шайба 2.12 ГОСТ 11371-78	Шайба круглая исполнения 2 для крепежной детали диаметром 12 мм из материала , соответствующего техническим условиям, без покрытия
	Шайба 10 65 Г ГОСТ 6402-70	Шайба пружинная исполнения 1 для крепежной детали диаметром 10 мм из стали 65 Г, без покрытия

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

На сборочных чертежах и чертежах общего вида применяются упрощенные и условные изображения крепежных деталей. Эти изображения установлены ГОСТ 2.315 - 68; их применение в значительной мере сокращают затраты труда конструктора. Крепежные детали, у которых диаметр стержня на чертеже менее 2 мм, изображают условно. В остальных случаях следует применять упрощенные изображения. Пример упрощенного изображения соединения деталей болтом с шестигранной головкой приведен на рис. 1.

При выполнении упрощенного изображения болтового соединения применяются следующие упрощения:

- фаски, проточки, галтели не показываются;
- резьба изображается выполненной по всей длине цилиндрической части болта;
- на виде сверху внутренний диаметр резьбы не показывается;
- зазоры между соединяемыми деталями и стержнем болта не показываются;

- изображения крепежных деталей выполняются по относительным размерам.

Если в соединении применен болт с шестигранной головкой, то размеры изображения деталей определяем по формулам, приведенным на рис.3. Приведенные формулы не установлены стандартом и рекомендованы на основе длительного опыта конструкторских и чертежных работ.

Основными параметрами, в зависимости от которых определяются относительные размеры изображения, являются размеры резьбы болта и толщина соединяемых деталей. Длину болта определяем по формуле, приведенной на рис. 3. Полученное значение необходимо сравнить со стандартной величиной длины болта. Как правило, они не совпадают, в этом случае выбираем ближайшее стандартное значение.

Относительные размеры конструктивных элементов болтов с различными формами головки приведены на рис. 4 и на рис. 5.

На чертеже необходимо проставить следующие размеры:

- условное обозначение резьбы болта;
- длину болта;
- размер под ключ гайки.

Длина болта и размер под ключ определяются по таблице соответствующего стандарта. Для определения размеров изображений болтов других конструкций пользуемся рис. 4 и рис. 5.

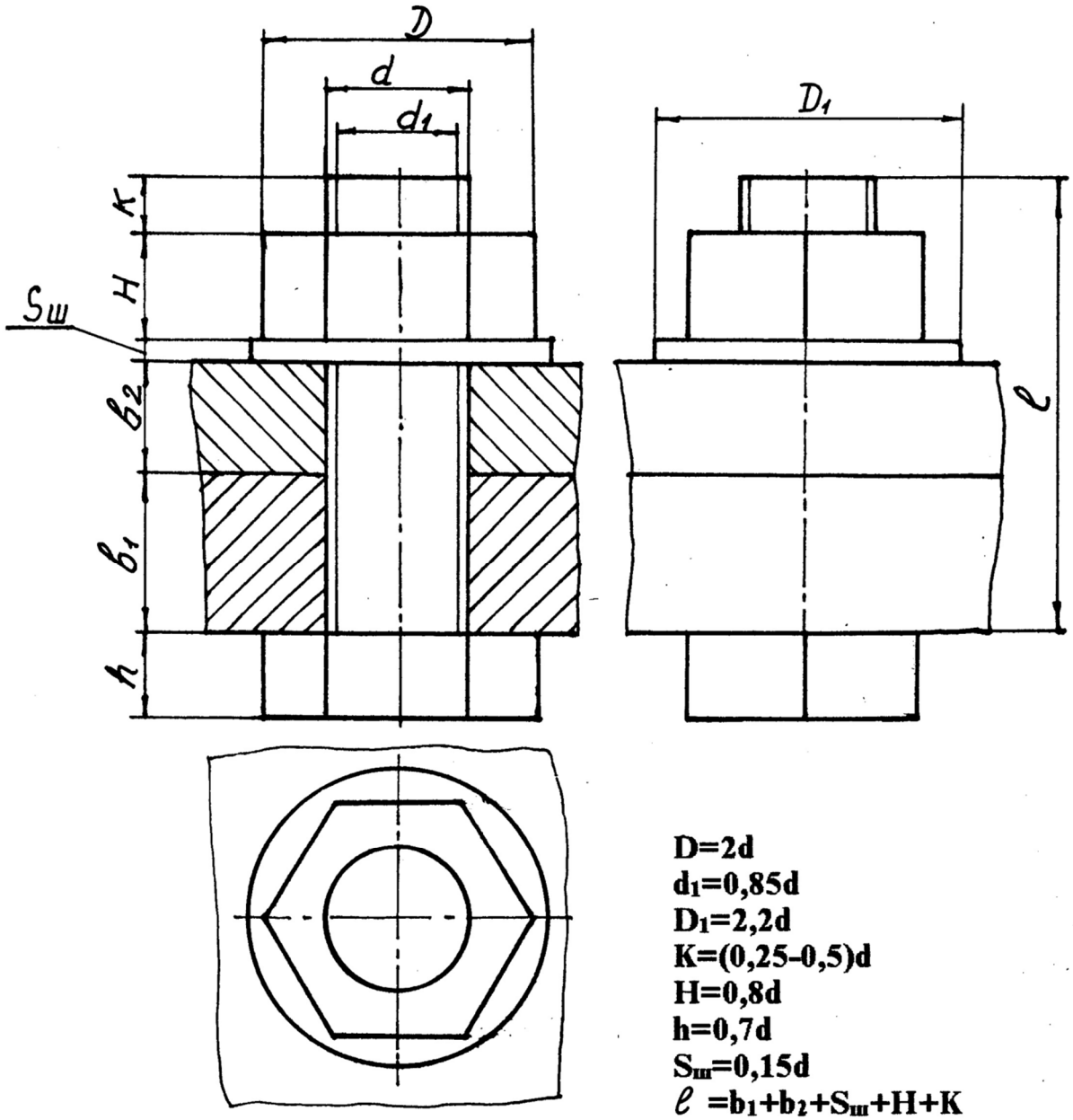


Рис. 3. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

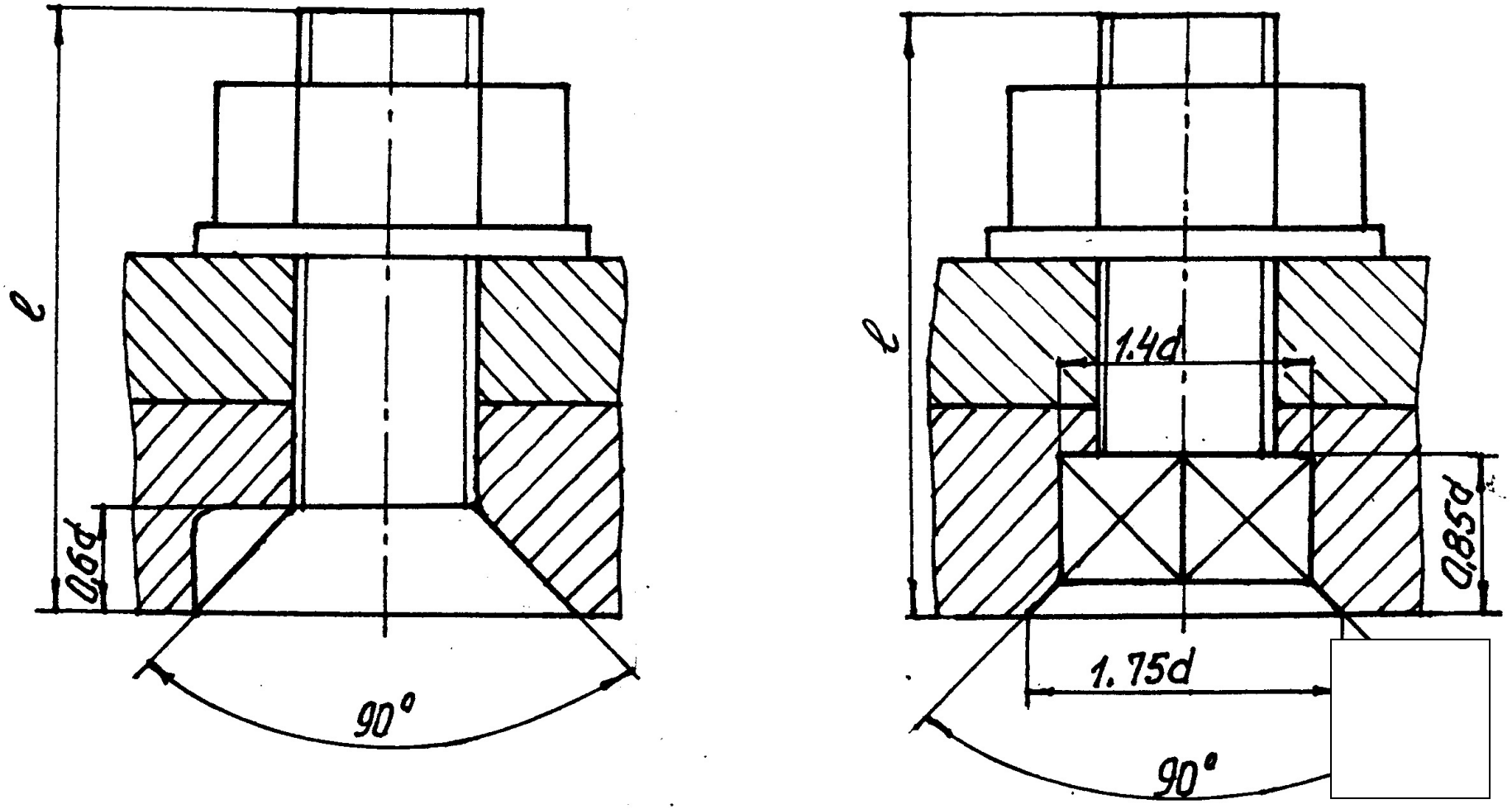


Рис. 4. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

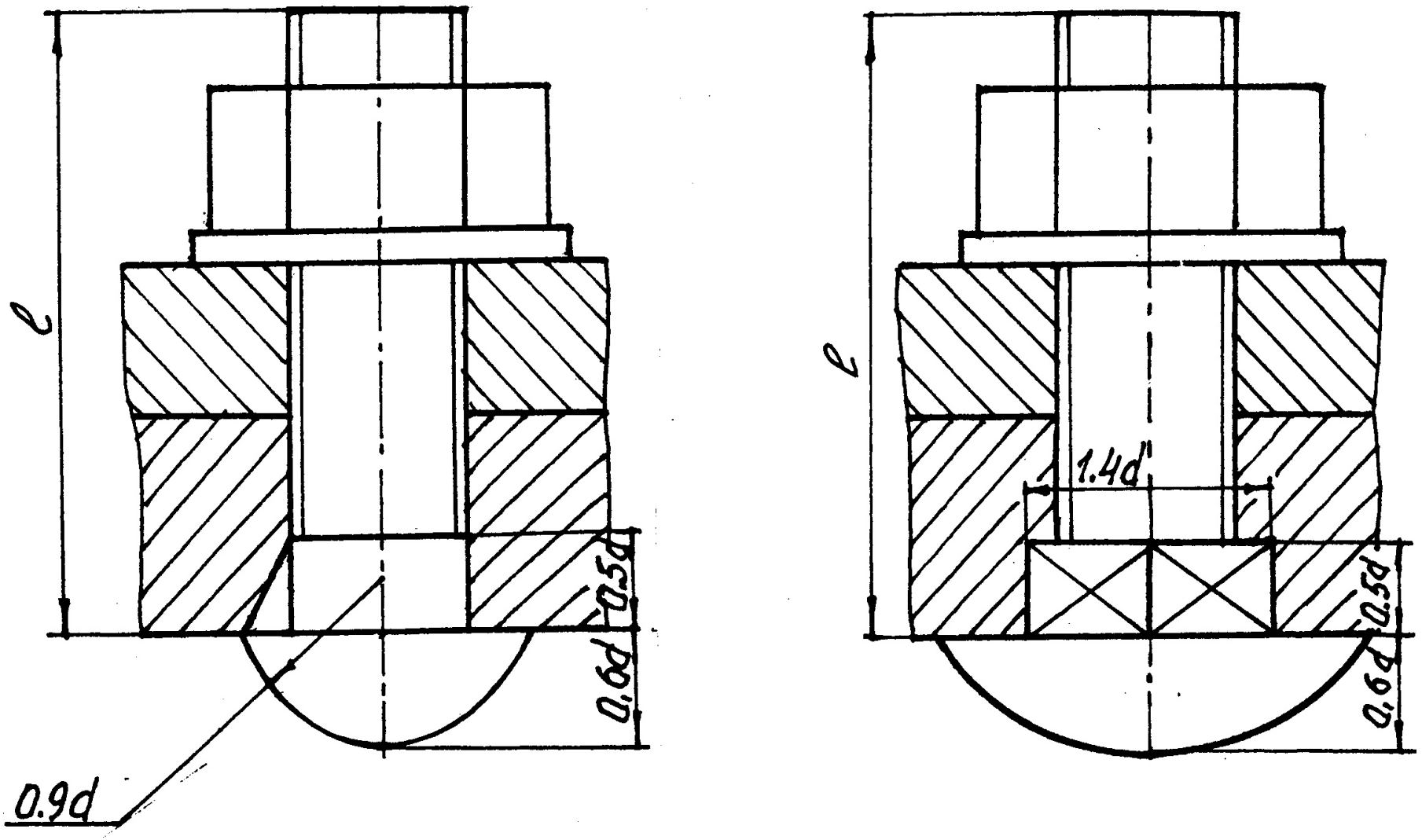


Рис. 5. Определение размеров упрощенного изображения болтового соединения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Анурьев В. И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3 т. т. 1. - 9 -е изд., перераб. и доп/ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.: ил.

Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению: учебное пособие. – М.: Высшая школа , 2008. – 493 с.

Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. – Изд. Альянс, 16-е изд., переработанное, 2007. – 416 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

БЛОК-ДИАГРАММА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Издание УГГУ

Екатеринбург, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Эпюр выполняется на формате Al (594× 841) в масштабе 1:1000 и включает в себя решение следующих задач:

- построение линии выхода пласта на поверхность;
- построение прямого разреза (вкрест простирания);
- построение вертикальных профилей АВ, ВС, СД, ДА, определяемых сторонами заданного плана;
- построение линии среза пласта по горизонту 92,5;
- построение блок-диаграммы (ячеечной), ограниченного вертикальными профилями АВ, ВС, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность.

Исходные параметры всех вариантов сведены в таблицу №1 и задаются следующим образом:

1. Месторождение ограничено двумя параллельными плоскостями - плоскостью кровли пласта (верхняя плоскость) и плоскостью подошвы (нижняя плоскость). Плоскость кровли пласта задаётся точкой **F**(x,y,z), азимутом падения α, интервалом **l** (масштабом падения плоскости), параметры которых представлены в табл. l.

2. Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$ пласта нужна для построения плоскости, называемой подошвой, которая также задана в табл. 1.

3. Построение блок-диаграммы осуществляется в стандартной аксонометрической проекции, указанной ее номером. В конце таблицы для каждой стандартной аксонометрической проекции этот номер присвоен. Пример выполнения графической работы представлен на рис. 7.

Построение линии выхода пласта на поверхность

Для нахождения линии пересечения плоскости с топографической поверхностью необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат плоскости и заданной поверхности. На плане топографическая поверхность задается изогипсами - плоскими линиями, параллельными горизонтальной плоскости проекций, каждая из которых имеет свою высотную отметку. Надо построить горизонтали плоскости кровли, имеющие такие же высотные отметки, что и изогипсы на плане.

Плоскость кровли задана точкой **F**, азимутом падения α и интервалом **l** (см. табл.1). Построив плоскость кровли на плане (задав ее масштабом заложения), находим линию пересечения плоскости кровли с топографической поверхностью. Точки, принадлежащие линии пересечения, получаются в ре –

зультате пересечения соответствующих изогипс и горизонталей плоскости кровли, т. е. имеющих одинаковые высотные отметки, если таковые имеются в пределах плана (рис. 1).

Найденные общие точки соединяют плавной кривой, которая будет являться линией пересечения плоскости и топографической поверхности.

Полученная линия кровли пласта обводится красным цветом.

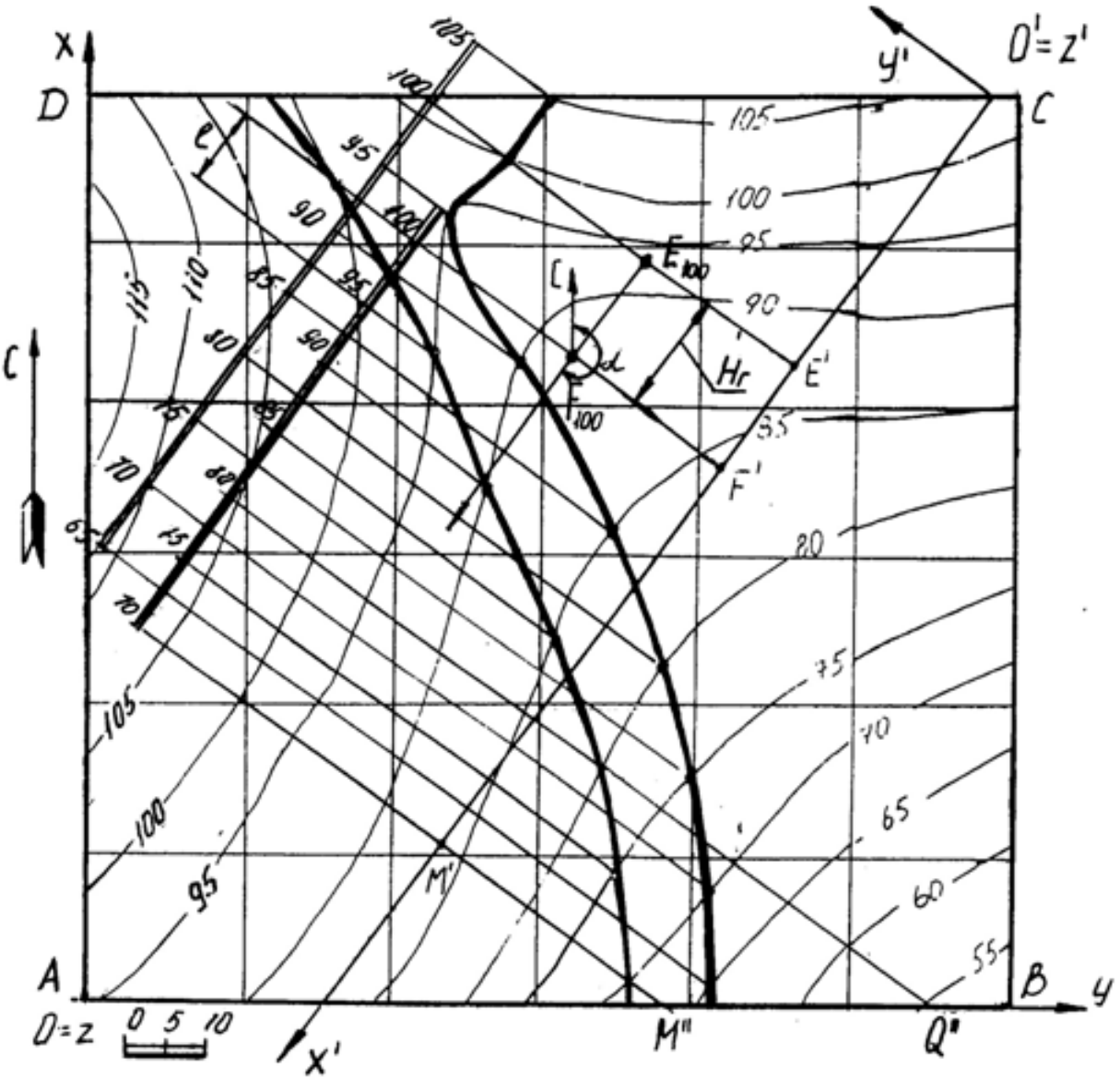


Рис 1

Пересечение плоскости подошвы пласта и топографической поверхности

Плоскость кровли пласта и плоскость подошвы пласта - две параллельные плоскости. Следовательно, на чертеже горизонтали этих плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения равны, направления падения их совпадают.

Горизонтальная мощность пласта определяется расстоянием между плоскостями кровли и подошвы пласта, измеряемое в горизонтальном направлении и в нашем случае равна $\mathbf{H}_г$ (см. табл.1). Следовательно, отложив от точки **F** расстояние, равное $\mathbf{H}_г$ по направлению восстания плоскости пласта (т. к. плоскость подошвы ниже плоскости кровли), получим точку **E** с такой же высотной отметкой, как и у точки **F** (рис.1). Направление и масштаб заложения подошвы пласта будут такими же, как и у кровли пласта. Плоскость подошвы пласта определяется точкой **E**, азимутом падения α и интервалом **l**.

Строят те горизонтали подошвы пласта, высотные отметки которых совпадают с высотными отметками изогипс. Находят общие точки, которые соединяют плавной кривой линией. Полученная линия подошвы пласта обводится синим цветом.

Полное построение линии выхода пласта на поверхность показано на рис.1.

Построение прямого разреза (вкрест простирания)

На плане выбирают вертикальную плоскость, перпендикулярную к горизонталям пласта (в удобном месте, как показано на рис. 1). Полученный разрез называется прямым или вкрест простирания.

Разрез ограничивается нулевой плоскостью, топографической поверхностью и прямыми пересечения плоскости прямого разреза с ближайшими вертикальными плоскостями, ограниченными прямоугольником ABCD.

Для построения прямого разреза вводят декартову систему координат x'O'y' на плане, где ось O'x' совпадает с плоскостью разреза, ось O'y' перпендикулярна к оси O'x' (по часовой стрелке), ось z' проецируется в точку (рис. 1).

Вертикальный прямой разрез будет определяться осью O'x' и осью O'z', где координата z' будет равна числовой отметке соответствующей изогипсы (рис. 2). Таким образом, получают построение вертикального прямого (вкрест простирания) разреза, на котором строят следы пласта.

Для построения следов пласта на разрезе вкрест простирания поступают так. По горизонтали переносят точку **F** на след плоскости вертикального

разреза – ось O'x' и любую из горизонталей (например, 70) – точки F' и M' (рис. 1). На профиле (рис. 2) через полученные точки F' и M' проводят перпендикуляры, на которых откладывают высотные отметки кровли пласта. Затем проводят прямую линию – след кровли пласта.

Подошва пласта отстоит от кровли пласта на расстоянии, равном горизонтальной мощности пласта и строится параллельно плоскости кровли (рис. 2 – профиль ограничен нижней плоскостью с отметкой 40).

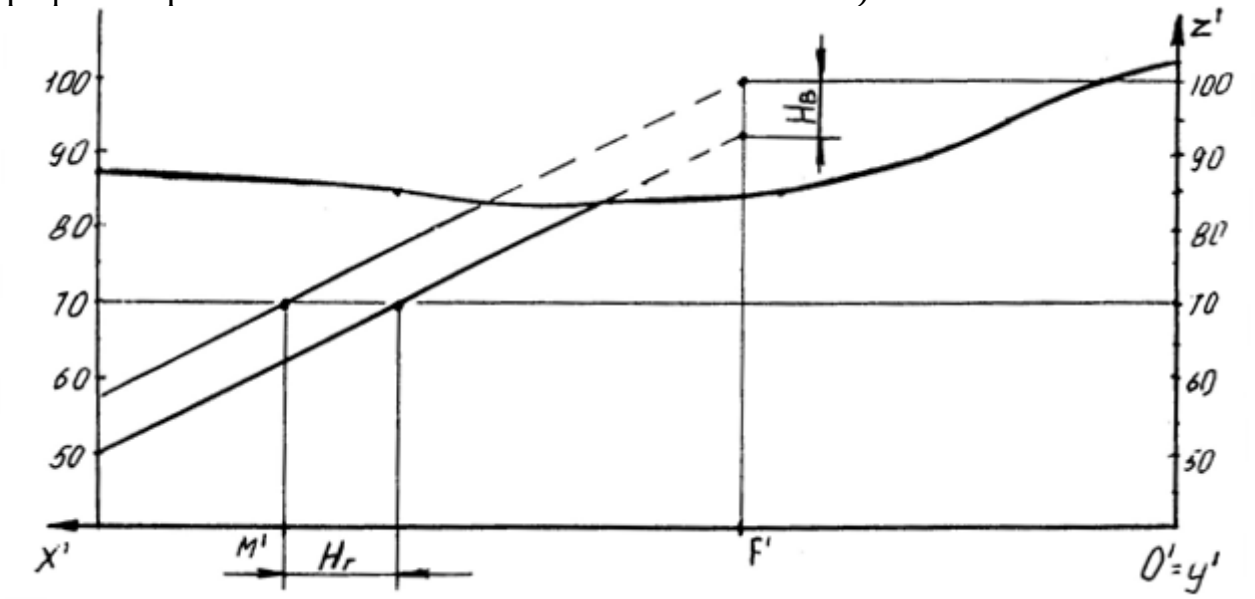


Рис. 2

Построение вертикальных профилей AB, BC, CD, DA выполняется аналогично. Пример построения вертикального профиля AB показан на рис. 3. Для построения подошвы от прямой следа плоскости кровли пласта откладывают вертикальную мощность $\mathbf{H_в}$, взятую с разреза вкрест простирания и проводят прямую, параллельную следу плоскости кровли.

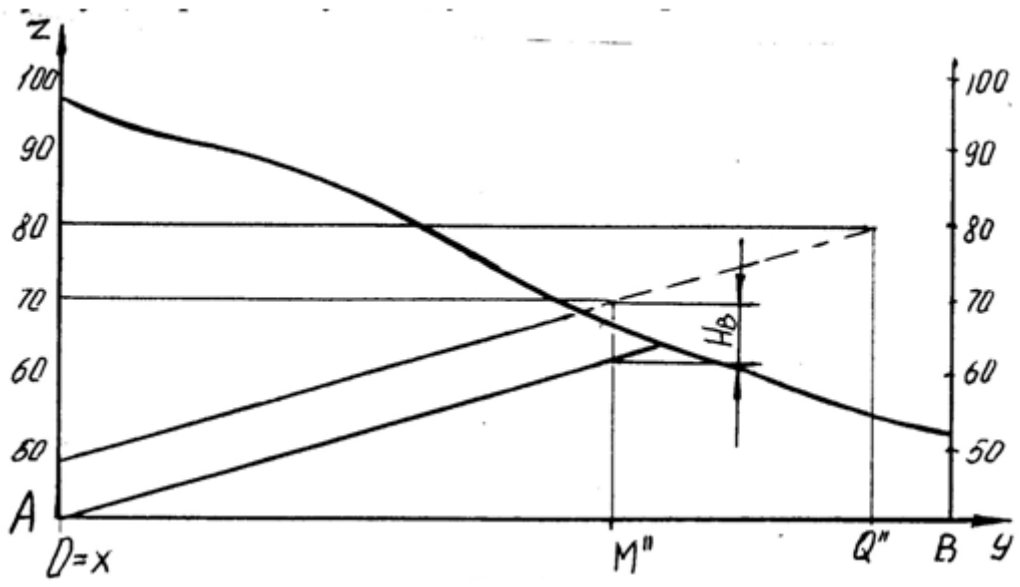


Рис. 3

Нахождение высотной отметки точки, не лежащей на изогипсе

Для построения высотной отметки точки а (рис. 4), не лежащей на изогипсе, поступают следующим образом:

- через точку А проводят кратчайшую прямую I II между изогипсами 50 и 60;

- из точки пересечения с изогипсой 60 проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают отрезок, равный разности высотных отметок (т. е. 10) в заданном масштабе – точка II';

- соединяют полученную точку II' с точкой II, имеющей отметку 50 и с помощью подобных треугольников переносят точку А на прямую I II', которую называют «высотной шкалой».

Таким образом точка А имеет высотную отметку 57.

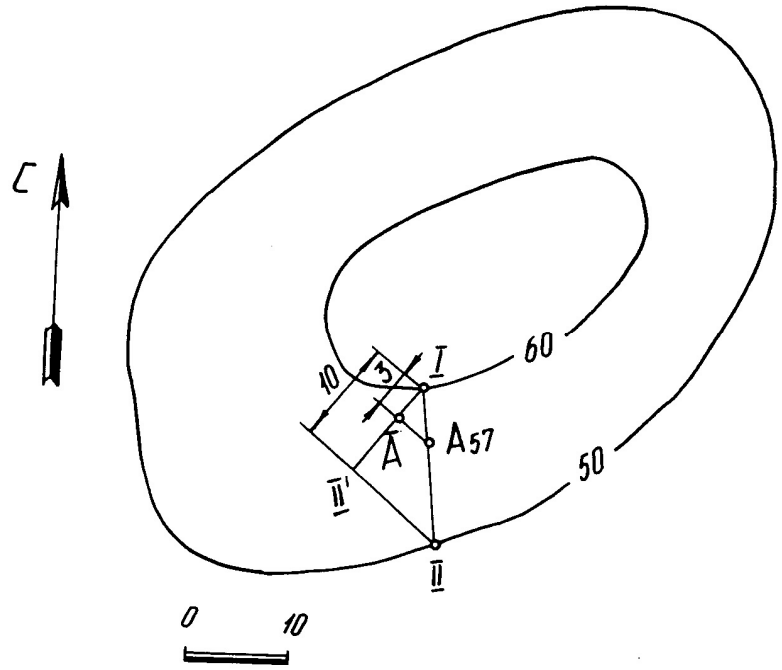
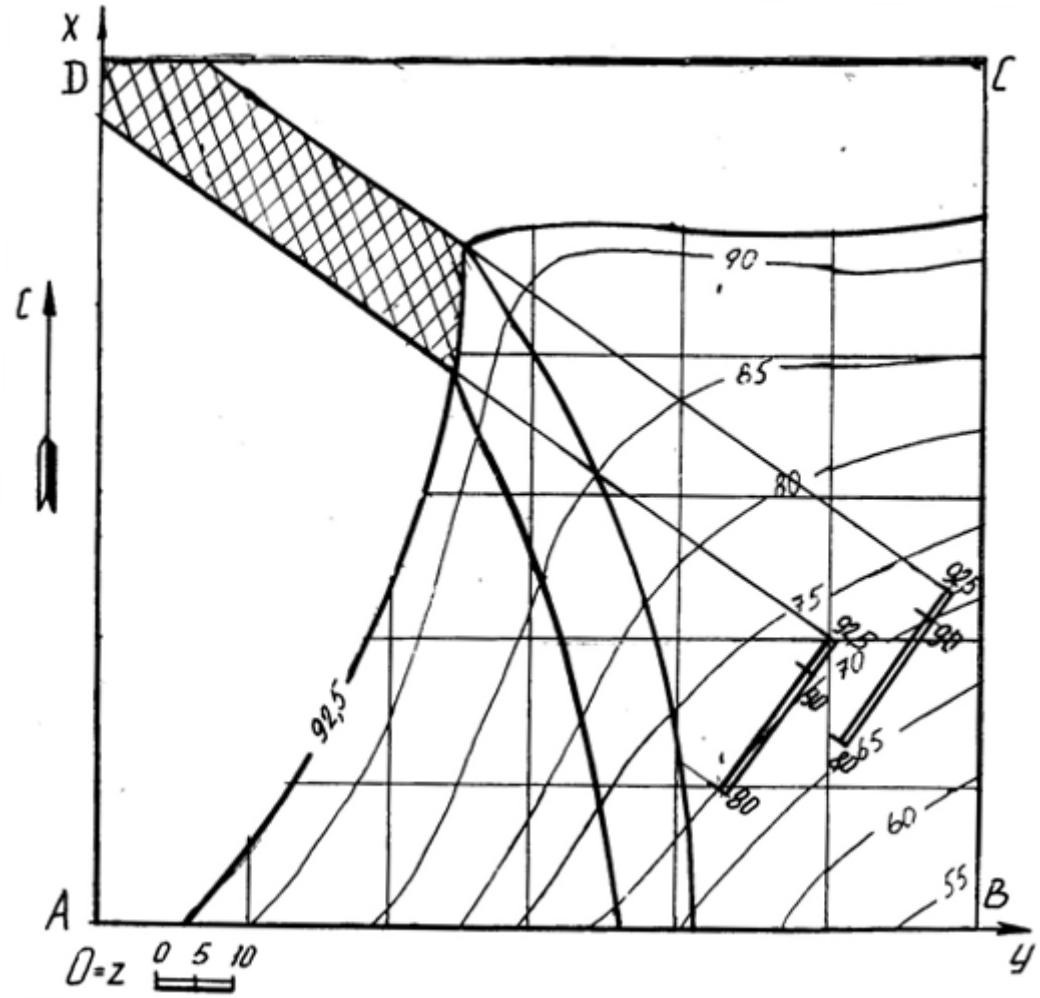


Рис. 4

Построение плана среза по горизонту 92,5

Для построения плана среза воспользуемся умением находить высотные отметки точек, не лежащих на изогипсах, который был рассмотрен ранее.

Количество точек, необходимых для построения изогипсы 92,5, определяется самостоятельно в зависимости от конфигурации рядом лежащих изогипс. План среза по горизонту 92,5 показан на рис. 5.



Построение блок диаграммы части месторождения, ограниченного вертикальными профилями AB, BC, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность

Блок диаграммой будем называть аксонометрическую проекцию части земной коры, ограниченную четырьмя вертикальными плоскостями, горизонтальной плоскостью (например, с отметкой ноль) и топографической поверхностью. Блок диаграмма строится ячеечная, т. е. заданный план разбивается на квадраты, размеры которых 250×250. Затем построения осуществляются по следующему алгоритму.

Алгоритм построения:

- на план наносим декартову систему координат, у которой ось X совпадает с AD, ось Y совпадает с DC, ось Z совпадает с точкой D;

- строим декартову систему координат в указанной аксонометрической проекции (прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия - военная пер-

спектива, косоугольная фронтальная изометрия – кавальерная проекция) согласно ГОСТ 2.317 – 69;

- построение осуществляется по координатам тех точек, которые имеют точные высотные отметки, с учетом коэффициентов искажения по координатным осям. Пример построения показан на рис. 6.

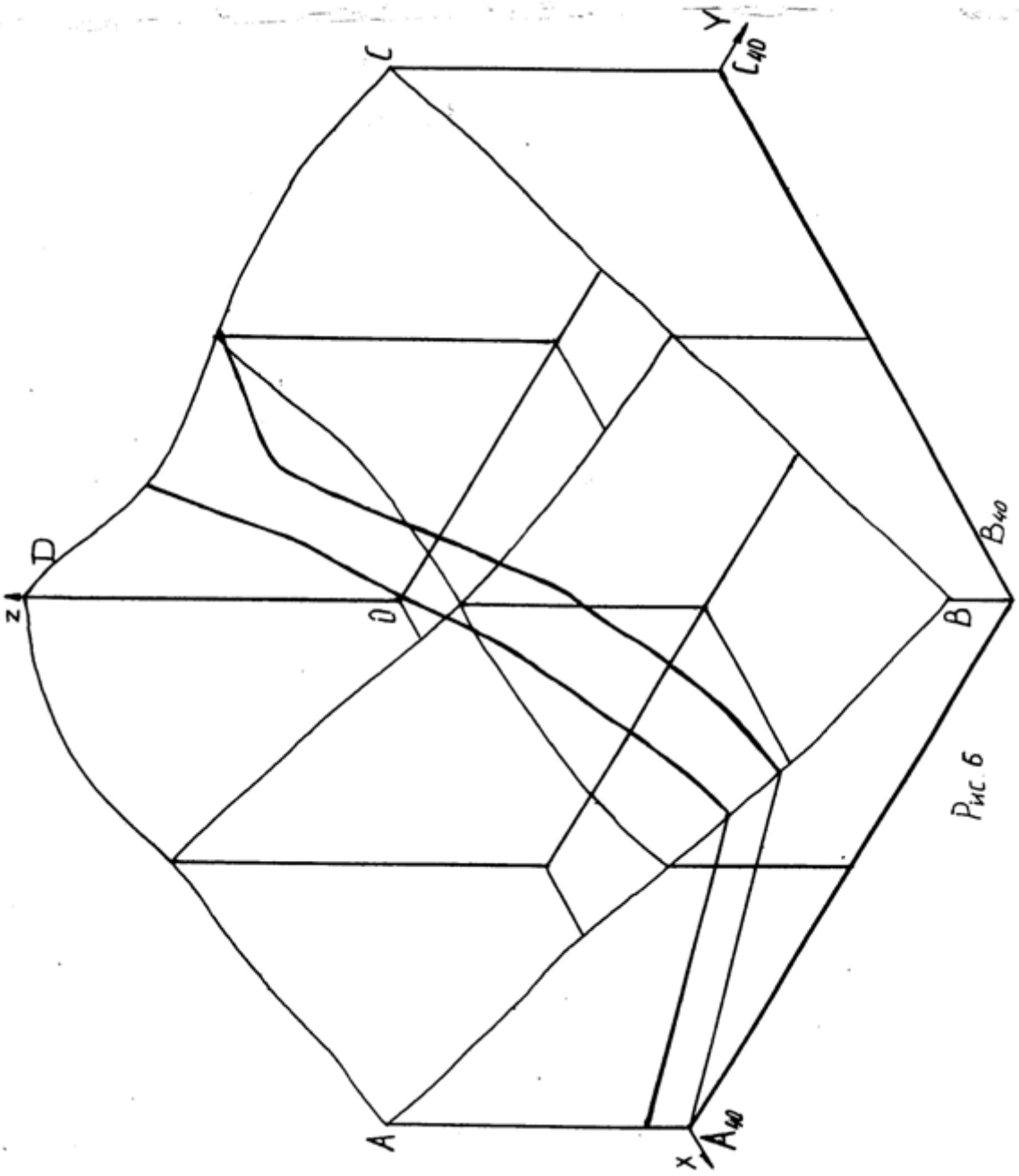


Рис. 6

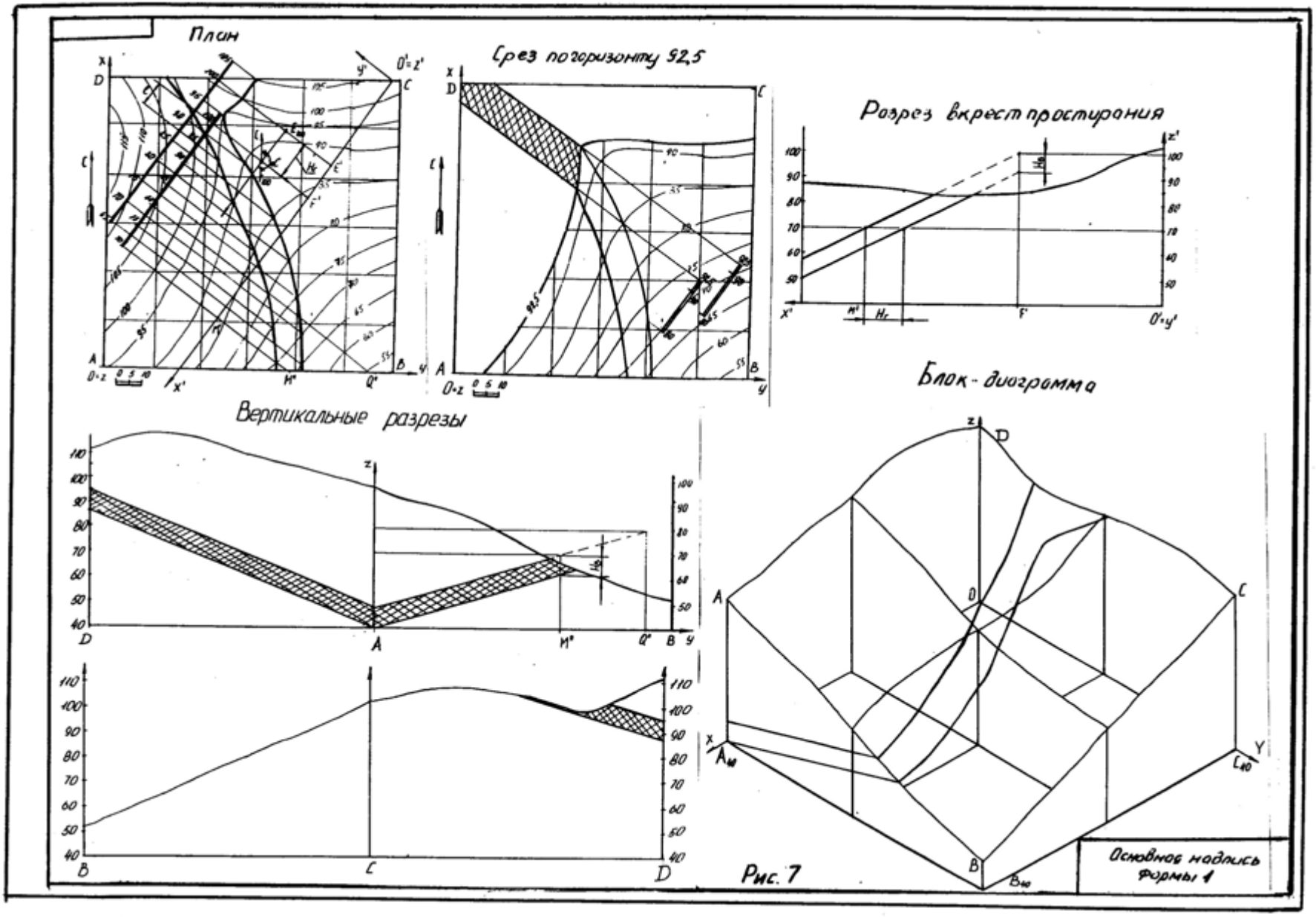

План
Срез погоризонту 92,5
Разрез вкрест простирания
Блок-диаграмма
Вертикальные разрезы
Основной надпись формы 1

Рис. 7

Таблица 1

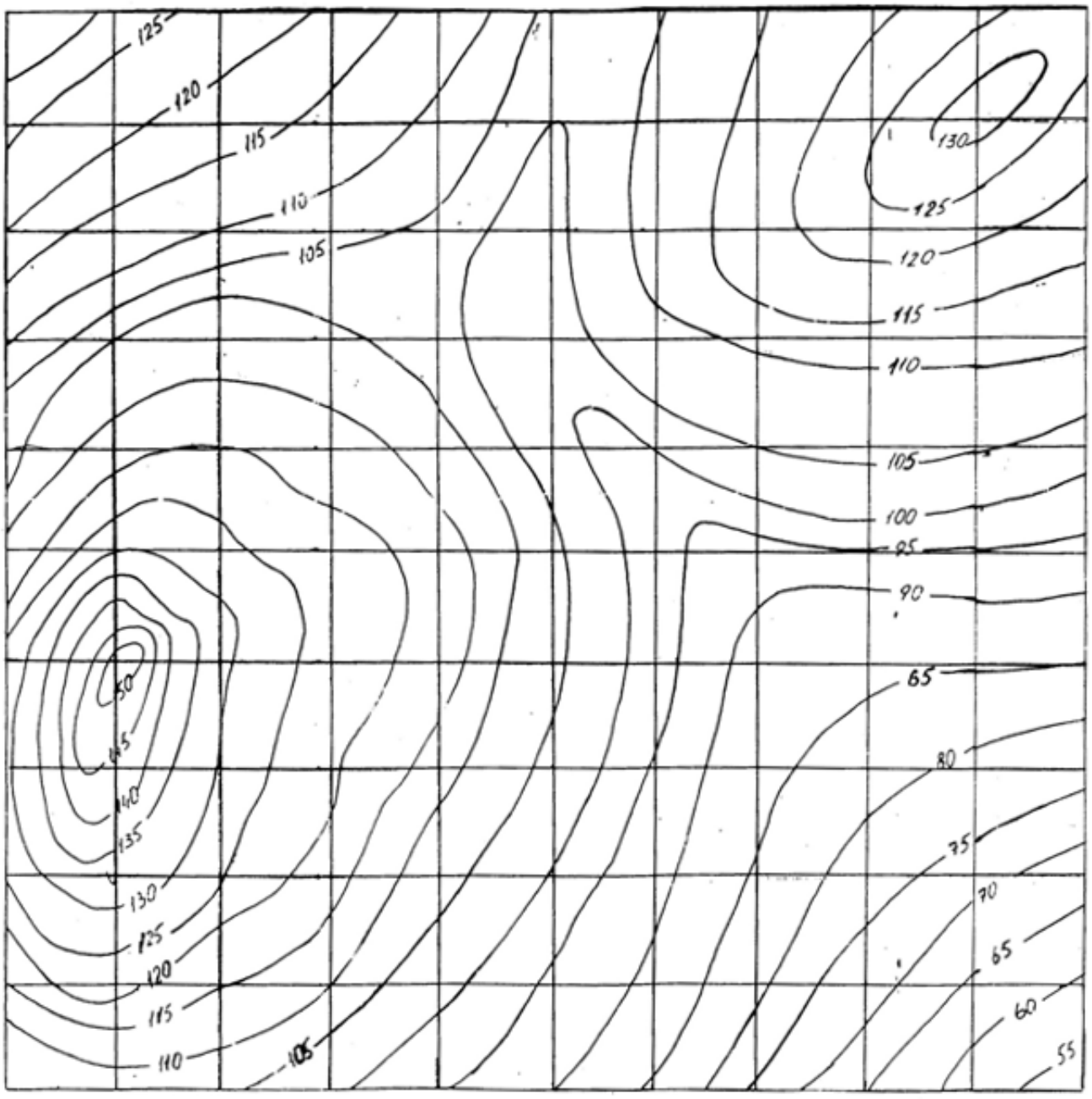
Номер варианта	Точка **F**			Азимут падения α°	Интервал плоскости кровли **l**, мм	Горизонтальная мощность $\mathbf{H}_г$, мм	Вид аксонометрии
	x	**y**	**z**				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	10	120	210	20	180	1
2	20	85	110	170	20	75	2
3	67	40	100	210	20	30	3
4	78	25	120	190	20	50	4
5	98	110	105	80	20	30	5
6	40	135	105	30	20	15	1
7	60	60	85	225	20	45	2
8	38	105	100	135	14	17	3
9	46	10	120	210	20	155	4
10	20	85	110	170	20	95	5
11	67	40	100	210	20	100	1
12	78	25	120	190	20	85	2
13	98	100	105	80	20	15	3
14	40	135	105	30	20	45	4
15	60	60	85	225	20	65	5
16	38	105	100	135	14	31	1
17	55	40	95	190	20	70	2
18	46	10	120	210	20	135	3
19	20	85	110	170	20	110	4
20	67	40	100	210	20	125	5
21	78	25	120	190	20	105	1
22	135	20	120	260	20	135	2
23	20	110	115	30	20	30	3
24	98	35	80	225	20	45	4
25	38	105	100	135	14	60	5
26	46	10	120	210	20	115	1
27	115	135	130	170	20	20	2
28	27	42	100	210	20	75	3
29	115	135	130	170	20	50	4
30	97	95	115	210	20	70	5
31	135	20	120	260	20	145	1
32	58	177	80	135	14	31	2
33	27	42	100	210	20	95	3
34	115	135	130	170	20	65	4
35	97	95	115	210	20	95	5

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
36	58	177	80	135	14	42	1
37	27	42	100	210	20	115	2
38	98	35	80	225	20	25	3
39	58	177	80	135	14	68	4
40	27	42	100	210	20	140	5

1 - прямоугольная изометрия (изометрия)
2 - прямоугольная диметрия (диметрия)
3 – косоугольная фронтальная диметрия (кабинетная проекция)
4 - косоугольная фронтальная изометрия (кавальерная проекция)
5 - косоугольная горизонтальная изометрия (военная перспектива)

ПЛАН ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Бабич Владимир Николаевич
Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 0,9 Уч. - изд. 0,83. Тираж 100 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического
факультета
_____Н. В. Колчина

Е. И. Шангина

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

ЭПЮР №2

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Данная методическая разработка предназначена для оказания помощи студентам при выполнении самостоятельной графической работы «Эпюр №2» курса «Начертательная геометрия. Инженерная графика».

Работа содержит методические указания по ее выполнению. При выполнении эпюра студент решает следующие задачи:

1. Построение заданного многогранника в проекциях с числовыми отметками.
2. Сечение многогранника плоскостью общего положения.
3. Построение натуральной величины фигуры сечения.
4. Построение развертки многогранника с нанесением линии сечения.

Работа выполняется в масштабе 1:1000 на формате А2 в соответствии с требованиями ЕСКД, основная надпись по форме 1. Исходные данные приведены в таблице 1. Пример выполнения приведен на рис. 1.

Пример 1

Задание.

В проекциях с числовыми отметками:

1. Построить правильную шестигранную пирамиду, основание которой принадлежит плоскости **ОАВ**. Точка **О** является центром описанной окружности правильного шестиугольника (центр тяжести) - основания пирамиды (**I, II, III, IV, V, VI**). Сторона основания (**I-II**) **a**=50 и параллельна основной плоскости проекций H_0. Высота пирамиды **h**=150.

Координаты точек плоскости основания:

точка **О** (150, 90, 60);

точка **А** (100, 0, 80);

точка **В** (25, 110, 20).

2. Построить сечение заданной пирамиды плоскостью общего положения Σ_i. Плоскость Σ_i проходит через точку **А**. Азимут падения α секущей плоскости Σ_i совпадает с азимутом падения плоскости основания. Угол падения плоскости Σ_i: $\delta=30°$.

3. Построить натуральную величину фигуры сечения пирамиды плоскостью Σ_i.

4. Построить развертку боковой поверхности пирамиды с нанесением линии сечения.

Задача 1. 1. Построение пирамиды

По заданным координатам на плане строим точки **О**, **А**, **В** (рис. 1).

В плоскости **ОАВ** строим горизонталь, проходящую через т.**О**. На заложении отрезка прямой $A_{80}B_{20}$ находим точку **С** с высотной отметкой, равной высотной отметке точки **О**, т.е. **60**. Для этого проградуируем отрезок **АВ**. Из точки **А** на плане проводим прямую под произвольным углом, на которой откладываем отрезок, равный разности координат высотных отметок A_{80} и B_{20}, т.е. **60**. Затем на этой же прямой от точки **А** откладываем отрезок, равный разности координат $A_{80}O_{60}$, т.е. **20**. С помощью подобных треугольников на заложении $A_{80}B_{20}$ находим точку C_{60}. Соединив точки C_{60} и O_{60}, находим горизонталь плоскости основания (рис. 1).

Для построения основания правильной пирамиды строим ее профиль и натуральную величину правильного шестиугольника. На плане (рис. 1) наносим новую декартову систему координат $\bar{O}\bar{x}\bar{y}\bar{z}$, где ось $\bar{x}$ проходит через точку O_{60} и перпендикулярна горизонтали плоскости $O_{60}C_{60}$. Ось $\bar{y}$ перпендикулярна оси $\bar{x}$ (проводится в удобном месте). Ось $\bar{z}$ совпадает с $\bar{O}$.

На свободном поле чертежа строим профиль (рис. 2), проходящий через $\bar{z}\bar{x}$, а ось $\bar{y}$ проецируется в точку и совпадает с $\bar{O}$. На профиле строим точки A_{80}, O_{60} и B_{20}, которые должны находиться на прямой (коллинейны). Они определяют след плоскости основания пирамиды.

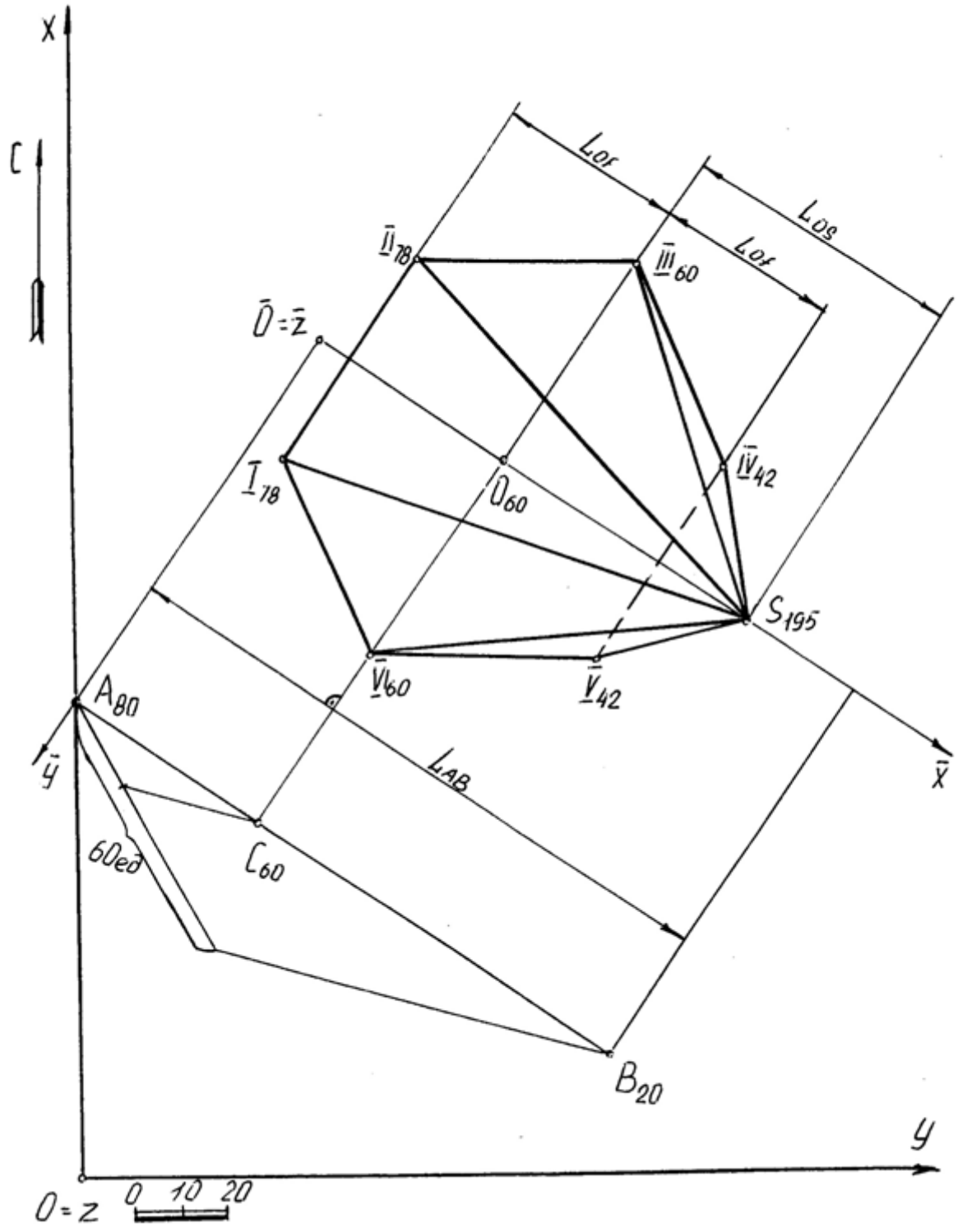

X
C
Lof
Los
Lof
II 78
III 60
O = z
I 78
O 60
IV 42
S 195
V 60
V 42
A 80
y
LAB
x
60ed
C 60
B 20
y
O = z
0 10 20

Рис. 1

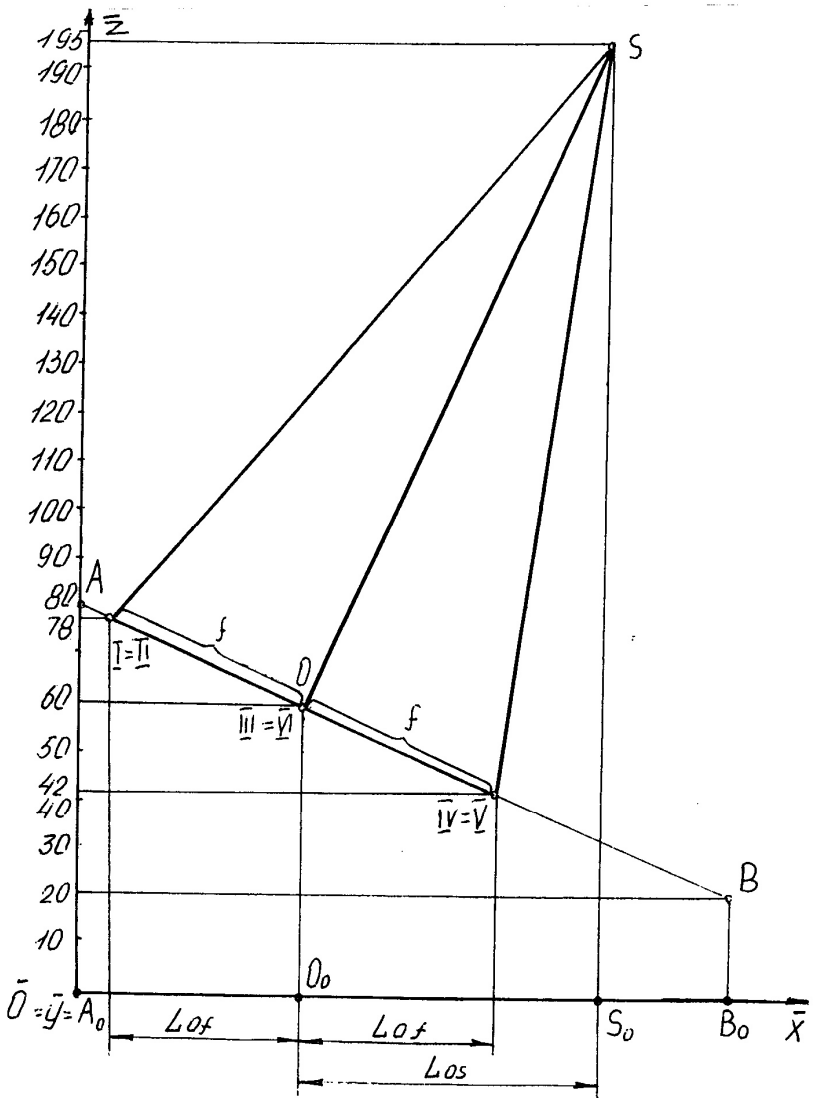


Рис. 2

На свободном месте чертежа строим правильный шестиугольник, являющийся основанием пирамиды (рис. 3).

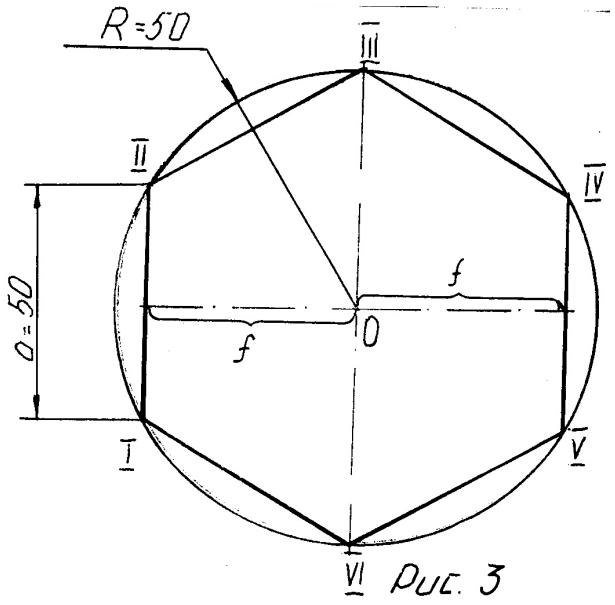


Рис. 3

Затем строим профиль основания пирамиды, т. е. правильный шестиугольник, принадлежащий плоскости основания, причем сторона **I-II** проецируется в точку (по заданию), сторона **IV-V** проецируется в точку, симметричную относительно центра **O**, а точки **III VI** совпадают с центром основания **O**.

Находим высоту пирамиды, которая проходит через точку O перпендикулярно к основанию и равна **h=150** (по заданию). Вершину пирамиды **S** соединяем с точками основания пирамиды и определяем на профиле ее высотную отметку, которая равна **195**.

Построенную на профиле пирамиду переносим на план (рис. 1), используя заложения $\mathbf{L_{of}}$, $\mathbf{L_{os}}$, причем точки (**I**, **II**), (**V**, **IV**), (**VI**, **III**) лежат на горизонталях, высотные отметки которых найдены на профиле. Точка **S** находится на перпендикуляре к горизонтали основания, проходящей через точку $\mathbf{O_{60}}$ на расстоянии $\mathbf{L_s}$.

Полученные точки последовательно соединяем друг с другом и определяем видимость.

Задача 1.2. Сечение тела плоскостью

На профиле строим секущую плоскость Σ_j (рис. 4), которая будет проецироваться в виде прямой линии, т. к. азимут падения α совпадает с азимутом падения основания пирамиды (по заданию). Плоскость Σ_j проходит через точку А под заданным углом падения δ=**30°**. Секущая плоскость Σ_j пересекает ребра пирамиды в точках **D**, **E**, **F**, **K**, **M**, **N**. Полученные точки с профиля переносим на план (рис. 5) с помощью пропорционального деления (если точка делит отрезок в некотором отношении, то и любая проекция этой точки делит проекцию этого отрезка в том же отношении (рис. 6)).

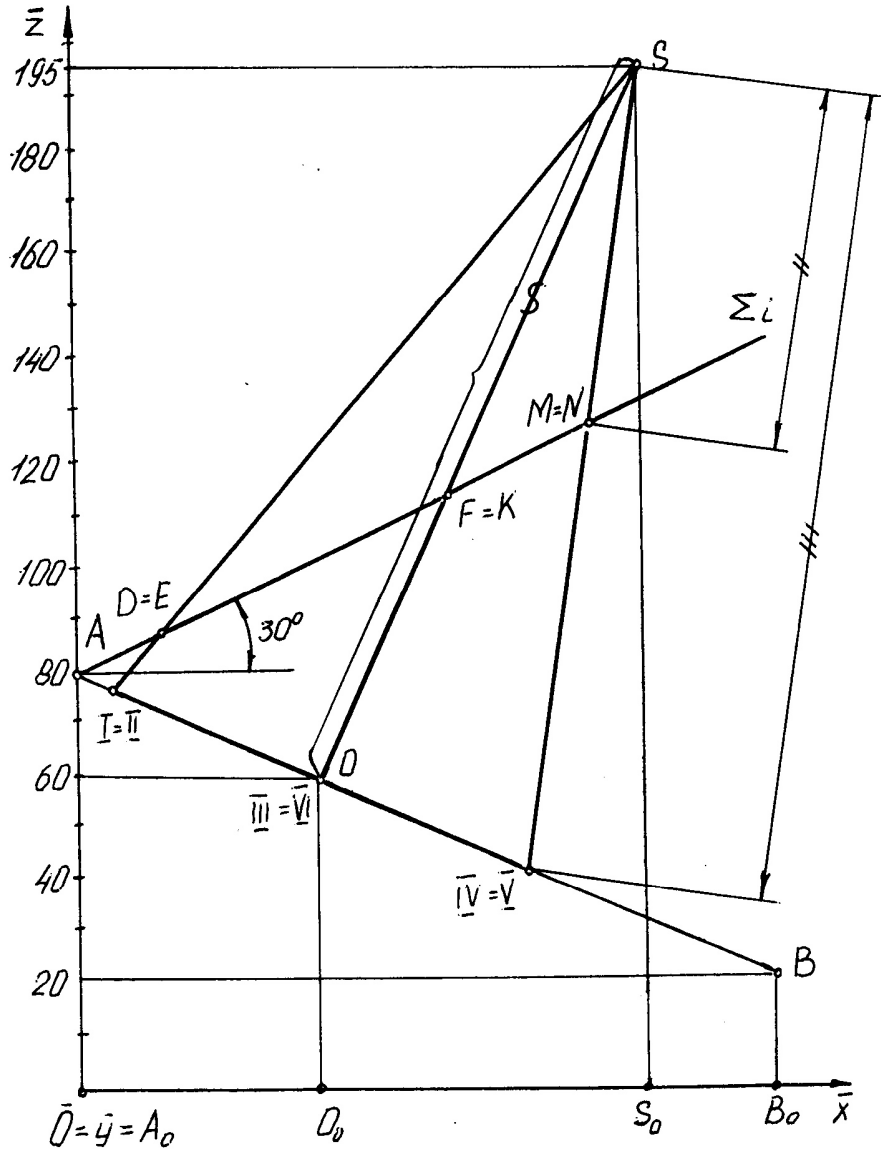


Рис. 4

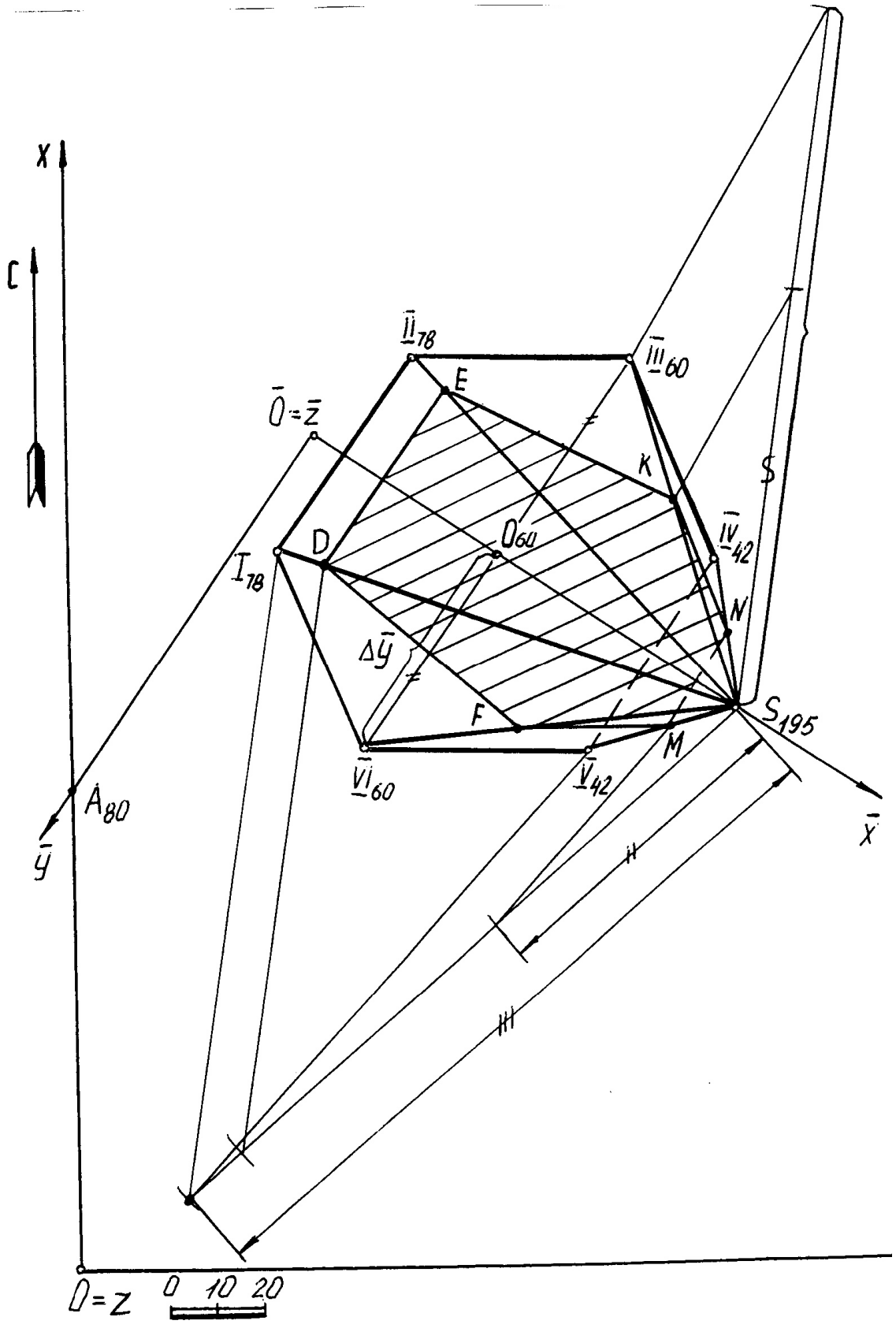

X
C
$\bar{II}_{78}$
$\bar{III}_{60}$
E
$\bar{O}=\bar{z}$
K
S
D
O_{60}
$\bar{IV}_{42}$
I_{78}
N
$\Delta\bar{y}$
F
S_{195}
M
$\bar{VI}_{60}$
$\bar{V}_{42}$
A_{80}
$\bar{y}$
$\bar{x}$
II
III
O=Z
0 10 20

Рис. 5

Полученные точки **D**, **E**, **F**, **N**, **M** лежат на проецирующих прямых (**DE**), (**FK**) (**NM**), являющихся горизонталями (см. рис. 4), поэтому на плане стороны сечения **DE** и **NM** параллельны горизонталям основания пирамиды, а точки **F** и **K** принадлежат одной горизонтали плоскости сечения (рис. 5).

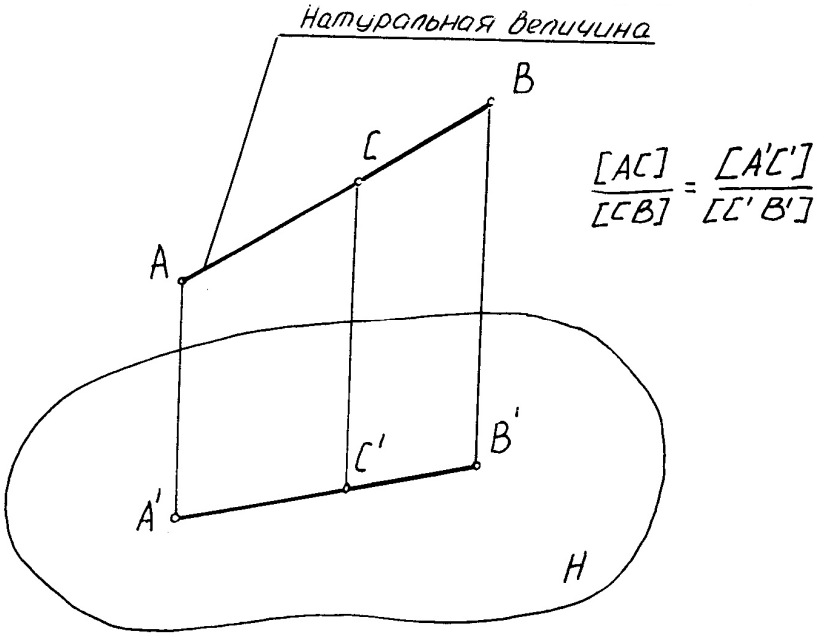


Рис. 6

Задача 1.3. Построение натуральной величины фигуры сечения

Для определения натуральной величины фигуры сечения воспользуемся методом замены плоскостей проекций на профиле, т. к. сечение на этой проекции является проецирующим (рис. 7).

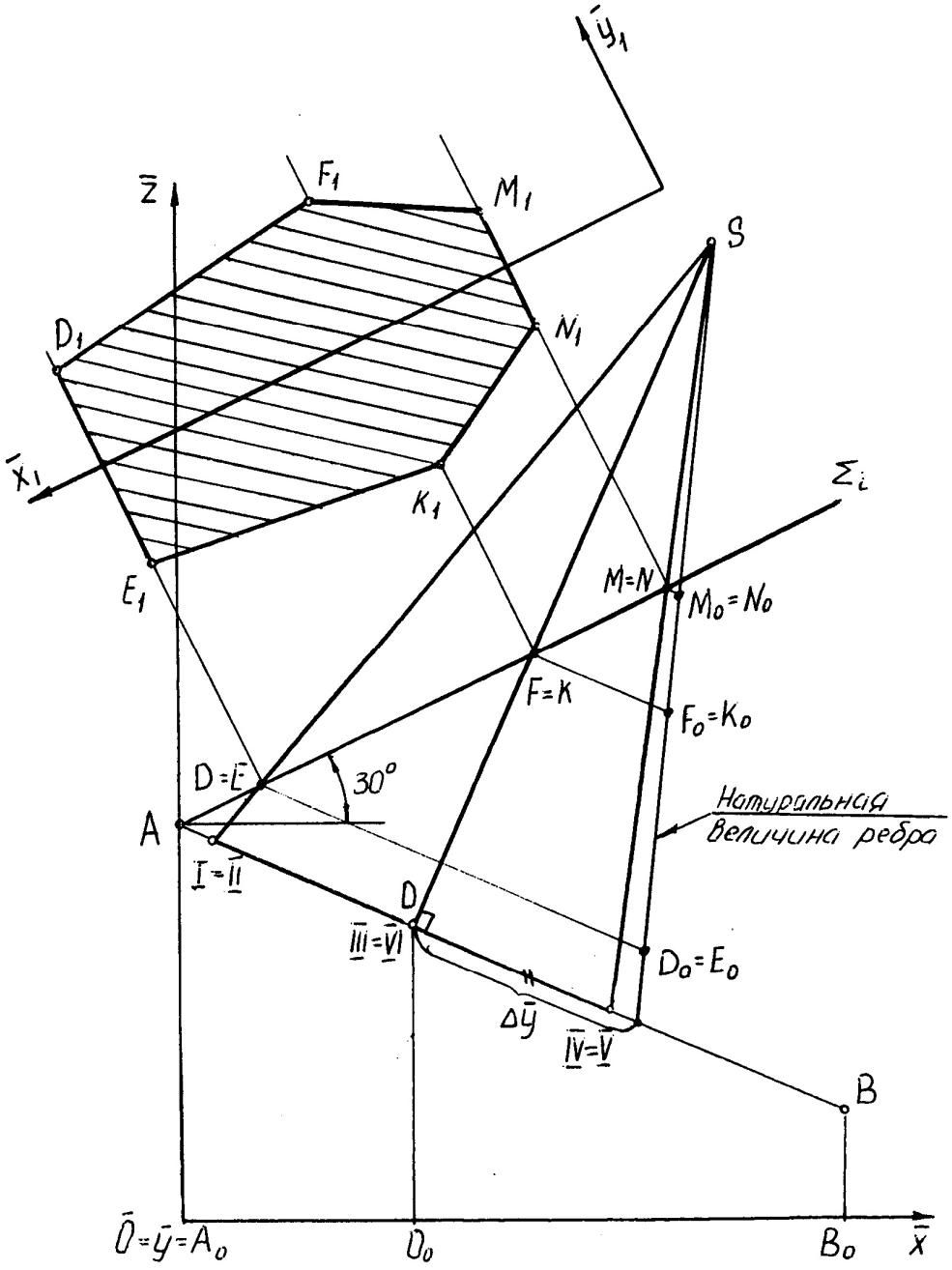


Рис. 7

Новую ось $\bar{x}_1$ выбираем параллельно секущей плоскости Σ_i в удобном для нас месте. Из точек **D,E,F,K,N,M** проводим линии связи перпендикулярно к оси $\bar{x}_1$, на которых откладываем (от оси $\bar{x}_1$) координаты $\bar{y}$ каждой точки, взятой с плана (рис. 5), причем точки E_1, K_1, N_1 имеют отрицательные координаты. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией и получаем натуральную величину фигуры сечения.

Задача 1.4 Построение развертки боковой поверхности пирамиды

Для построения развертки строим натуральную величину ребра правильной пирамиды на профиле (рис. 7) методом прямоугольного треугольника - одним катетом которого является ребро **S III** (**S YI**), другим катетом прямого угла, который совпадает с основанием пирамиды, является разность координат $\Delta \bar{y}$ концов отрезка, взятых с плана (рис.5). Гипотенуза прямоугольного треугольника есть натуральная величина всех ребер пирамиды.

Для определения линии сечения на развертке, на натуральную величину ребра переносим (в пропорциональном отношении) точки сечения $D_0E_0F_0K_0M_0N_0$ (рис. 7).

На свободном поле чертежа выбираем произвольную точку **S** и проводим дугу окружности радиусом, равным натуральной величине ребра пирамиды (рис. 8).

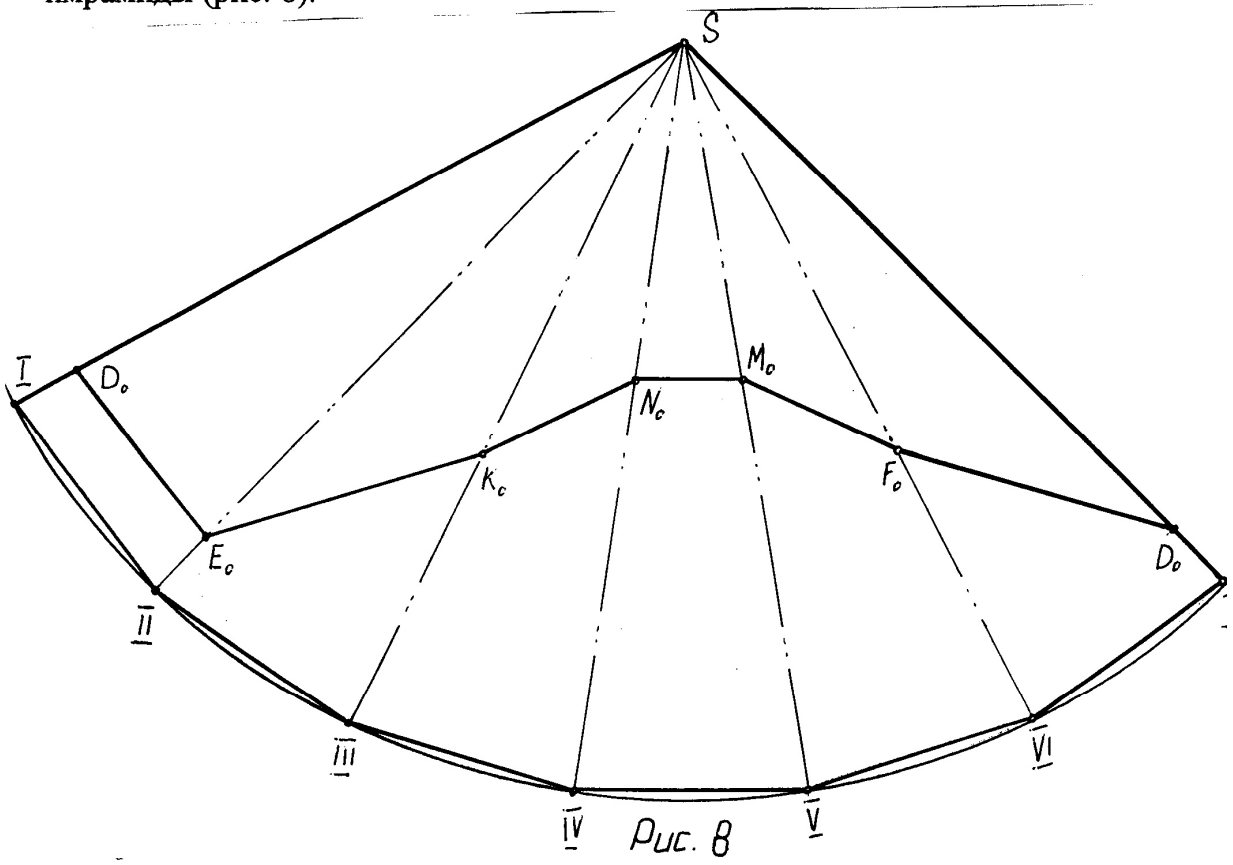


Рис. 8

На полученной дуге откладываем шесть одинаковых отрезков, равных стороне основания правильной пирамиды. Последовательно соединяем найденные точки и получаем развертку боковой поверхности пирамиды.

Для построения линии сечения на развертке переносим точки $\mathbf{D_0\ E_0\ F_0\ K_0\ N_0\ M_0}$, взятые с профиля натуральной величины (рис. 7), на соответствующие ребра развертки пирамиды. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией. Построение развертки боковой поверхности пирамиды осуществляется таким образом, так как у правильной пирамиды все боковые ребра одинаковые.

Пример 2

Задание:

В проекциях с числовыми отметками:

1.Построить трехгранную призму, основание которой принадлежит плоскости **ОАВ**. Точка **О** - центр описанной окружности правильного треугольника нижнего основания, одна сторона которого параллельна основной плоскости проекций $\mathbf{H_0}$. Радиус описанной окружности **R**=50.

Точка **О′** - центр описанной окружности правильного треугольника (тяжести) верхнего основания. Координаты точек:

точка **О** (150; 90; 60);

точка **О′** (100; 120; 190);

точка **А** (100; 0; 80);

точка **В** (25; 110; 20).

2.Построить сечение заданной призмы плоскостью Σ_i. Плоскость Σ_i проходит через точку **L** и перпендикулярна к боковым ребрам призмы. Точка **L** задана координатами: **L** (110; 160; 70).

3.Построить натуральную величину фигуры сечения призмы плоскостью Σ_i .

4.Построить развертку боковой поверхности призмы с нанесением линии сечения.

Задача 2.1 Построение призмы

По заданным координатам на плане строим точки **О**, **А**, **В**, **О′**. В плоскости **Δ ОАВ** находим горизонталь, проходящую через точку **О** (см. задачу 1.1).

Для построения нижнего основания призмы на плане строим профиль плоскости **ОАВ** методом замены плоскостей проекций (рис. 9) и натуральную величину правильного треугольника **I II III** (рис. 10).

На плане (рис. 9) наносим новую декартову систему координат $\mathbf{O\bar{x}\bar{y}\bar{z}}$, где ось $\bar{\mathbf{x}}$ перпендикулярна горизонтали плоскости $\mathbf{O_{60}C_{60}}$ (выбирается в удобном для нас месте). Ось $\bar{\mathbf{y}}$ перпендикулярна оси $\bar{\mathbf{x}}$ и проходит через точку **А**.

В новой системе координат $\mathbf{\bar{O}\bar{x}\bar{y}\bar{z}}$, строим профиль плоскости нижнего основания, проходящие через точки $\mathbf{A_1O_1B_1}$ (при правильном построении эти точки лежат на одной прямой). На построенном профиле находим нижнее основание призмы (рис. 9). Причем, сторона $\mathbf{II_1\text{-}III_1}$ на профиле проецируется в точку (по заданию). На профиле определяем высотные отметки точек нижнего основания. Полученные точки с помощью линий связи переносим на план (сторона **II-III** проецируется в натуральную величину, а вершина **I** находится на линии ската, которая проходит через точку $\mathbf{O_{60}}$). Точки $\mathbf{I_{40}}$ $\mathbf{II_{70}}$ $\mathbf{III_{70}}$ определяют нижнее основание призмы.

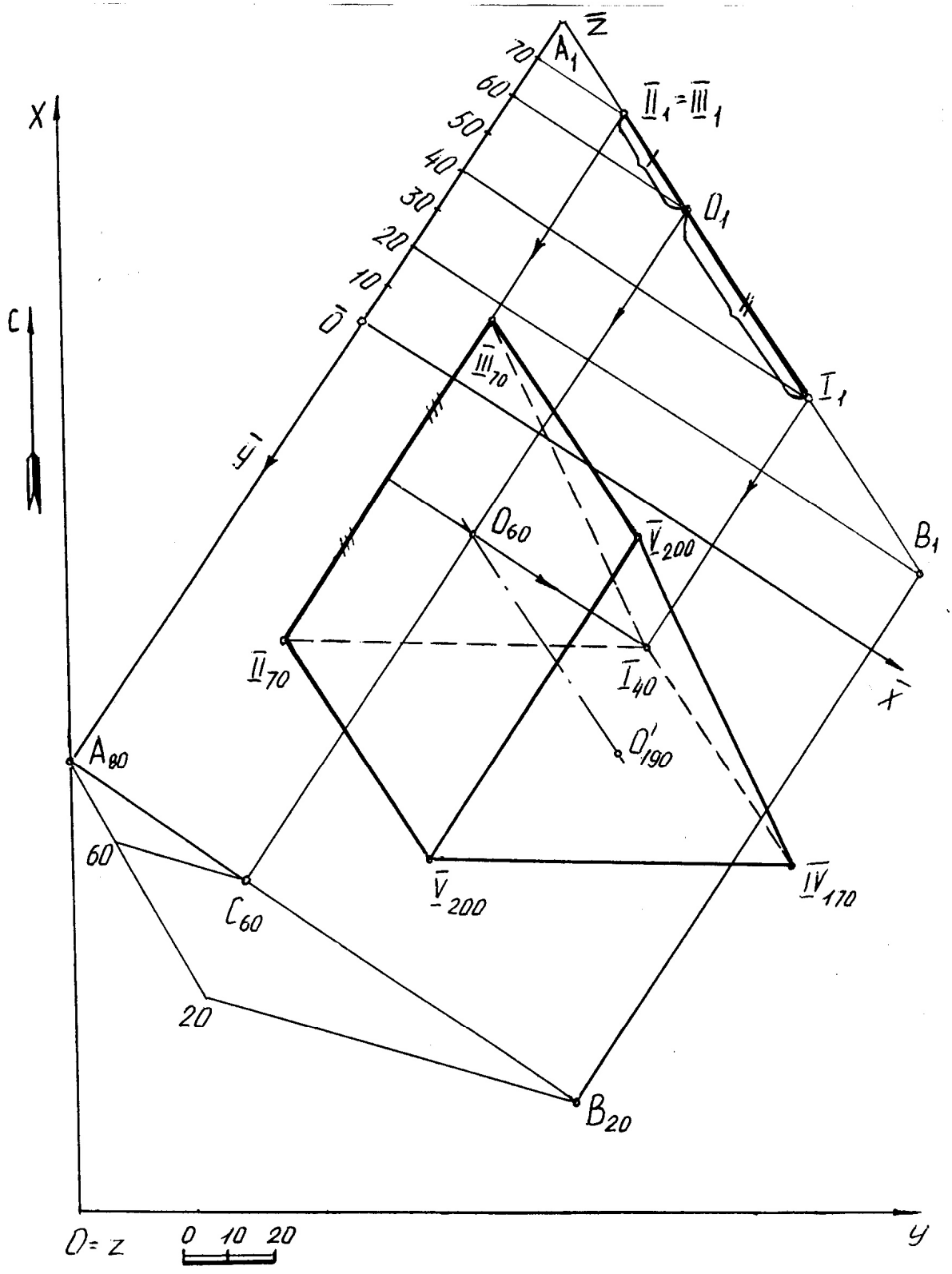

z
A1
70
60
50
40
30
20
10
0
II1 = III1
O1
I1
B1
III70
O60
V200
II70
I40
x
y'
x'
O'190
A80
60
C60
20
V200
IV170
B20
X
C
O = z
0 10 20
y

Рис 9

Строим центр описанной окружности (центр тяжести) верхнего основания призмы **O′** по заданным координатам. Соединяем точки **O** и **O′** прямой линией. Из точек **I II III** нижнего основания призмы проводим прямые, параллельные и равные оси призмы **OO′**. Найденные точки **IV V VI** определяют верхнее основание искомой призмы. Последовательно соединяем найденные точки ломаной линией и определяем видимость ребер построенной призмы.

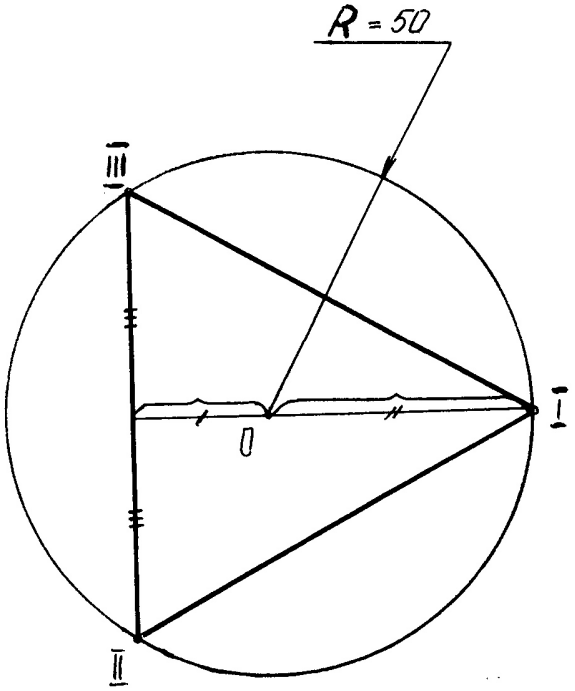


Рис 10

Задача 2.2. Сечение призмы плоскостью

По заданным координатам на плане строим точку L, через которую проходит плоскость Σi, перпендикулярная к боковым ребрам призмы (рис. 11).

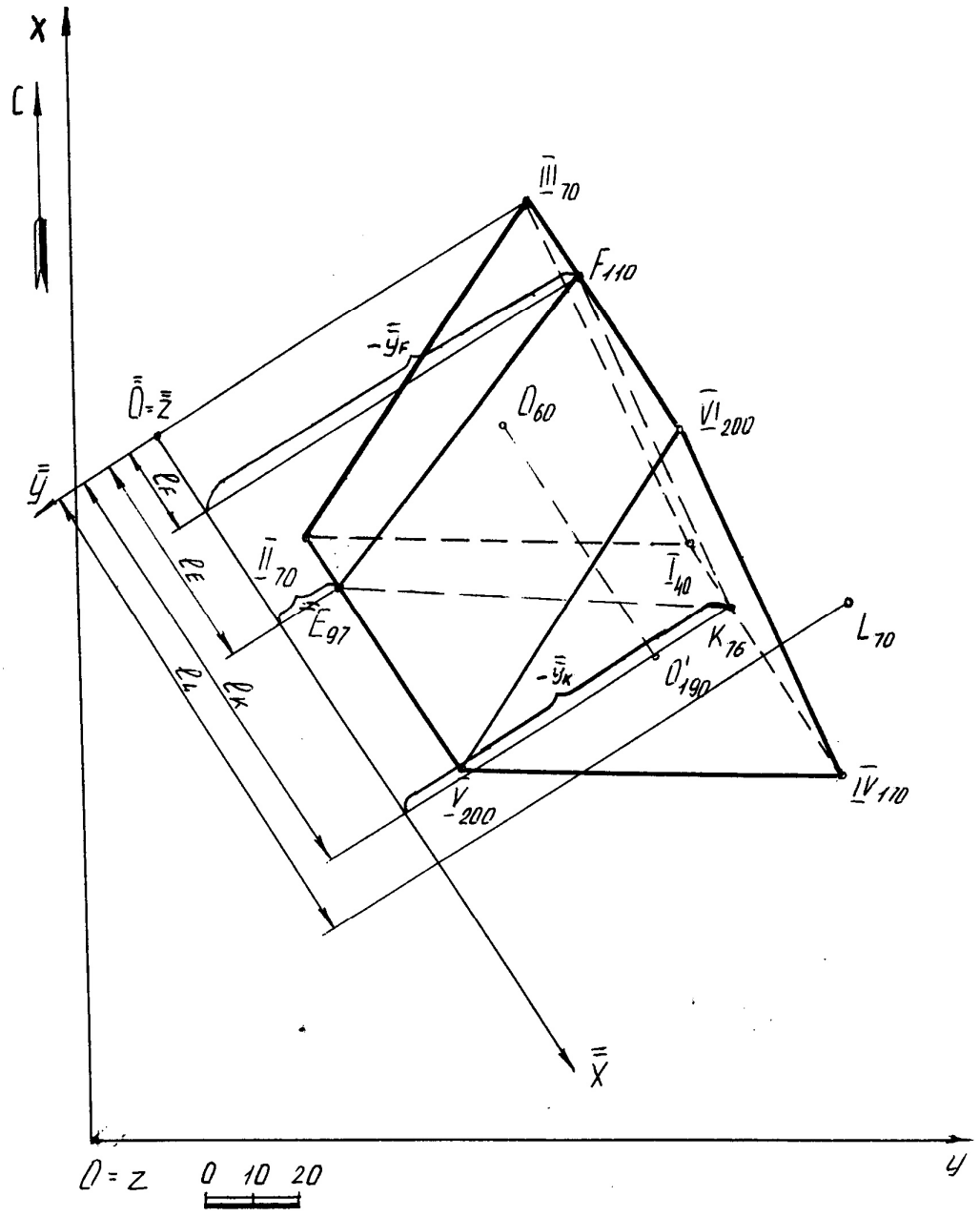


Рис. 11

Для нахождения плоскости Σ_i и сечения призмы этой плоскостью вводим новую декартову систему координат $\overline{\overline{Oxyz}}$ таким образом, чтобы боковые ребра призмы в этой системе (профиле) проецировались в натуральную величину. Следовательно, ось $\bar{\bar{x}}$ на плане проводим параллельно

боковым ребрам, ось $\bar{\bar{y}}$ перпендикулярна оси $\bar{\bar{x}}$ и проходит через точку $\mathbf{III_{70}}$. Ось $\bar{\bar{z}}$ совпадает с началом отсчета новой системы координат $\bar{\bar{O}}$ (рис. 11).

На свободном поле чертежа строим профиль призмы и секущей плоскости Σ_i в системе $\overline{\overline{Oxyz}}$ (рис. 12). Секущая плоскость Σ_i проходит через точку **L** и проецируется в виде прямой, перпендикулярной к боковым ребрам призмы (по заданию). Найденное сечение **FEK** переносим на план с помощью интервалов (l_F, l_E, l_K) и принадлежности. Определяют видимость сечения (если грань является видимой, то и линия, принадлежащая ей, видима).

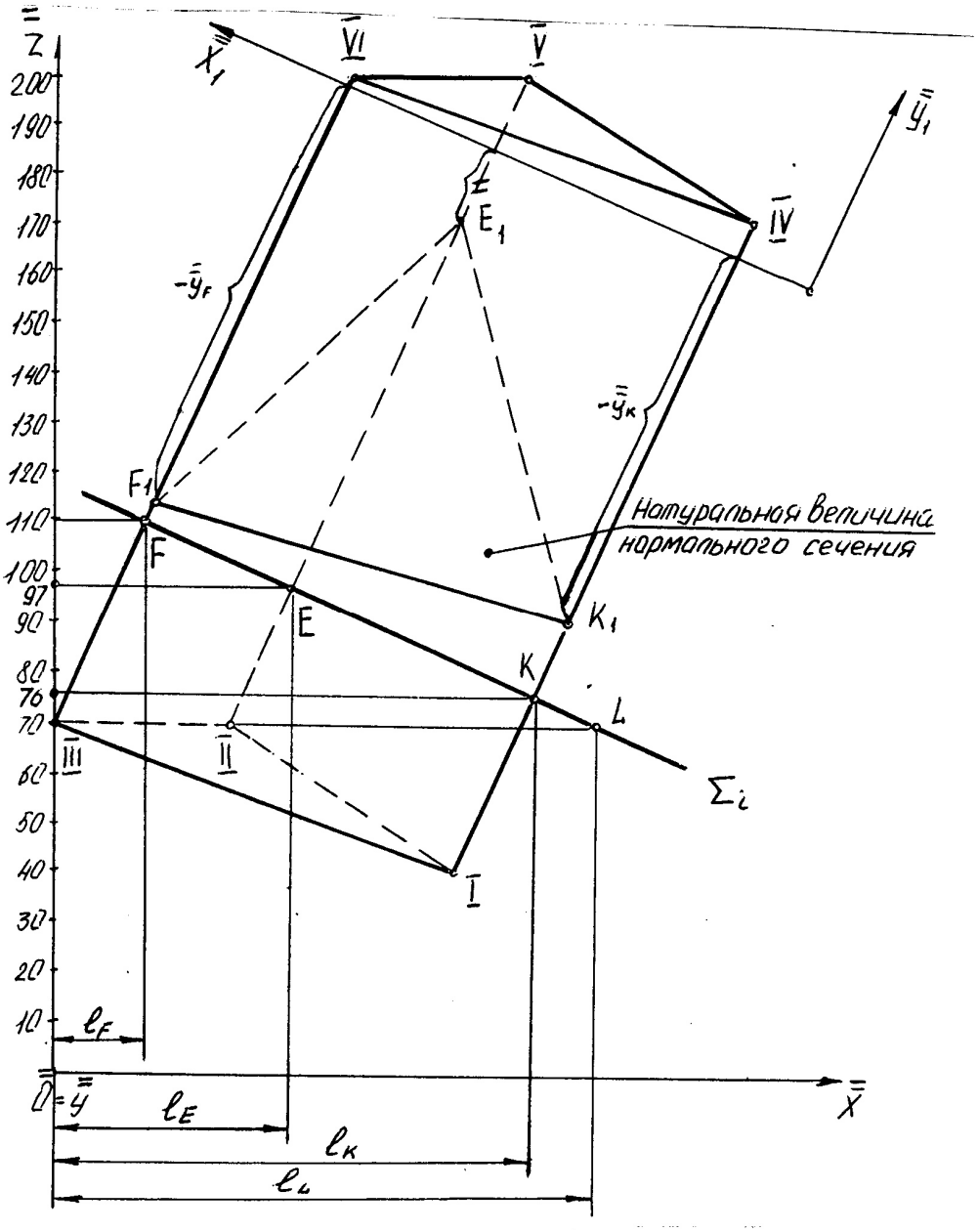


Рис. 12

Задача 2.3 Построение натуральной величины фигуры сечения (нормального сечения)

Для определения натуральной величины фигуры сечения воспользуемся методом замены плоскостей проекций на профиле (рис.12), т.к. сечение на этой проекции является проецирующим. Новую ось $\overline{\overline{x}}_1$ выбираем параллельно секущей плоскости Σ_i в удобном для нас месте. Из точек **F**, **E**, **K** проводим линии связи, перпендикулярные к $\overline{\overline{x}}_1$, на которых откладываем (от оси $\overline{\overline{x}}_1$) координаты $\overline{\overline{y}}$, взятые с плана (рис. 11). Причем, координаты $\overline{\overline{y}}$ точек являются отрицательными. Полученные точки последовательно соединяем ломаной линией и получаем натуральную величину фигуры сечения.

Задача 2.4 Построение развертки боковой поверхности призмы

Для построения развертки боковой поверхности призмы воспользуемся методом нормального сечения, т.к. плоскость Σ_i проходит перпендикулярно к боковым ребрам призмы, поэтому сечение **FEK** является нормальным. На свободном поле чертежа разворачиваем в прямую линию натуральную величину нормального сечения. Через точки **FEKF** проводим вертикальные линии и откладываем на них (от этих точек) расстояния, равные натуральной величине ребер до верхнего и нижнего основания призмы, взятые с профиля (рис. 13). Найденные точки последовательно соединяют ломаной линией.

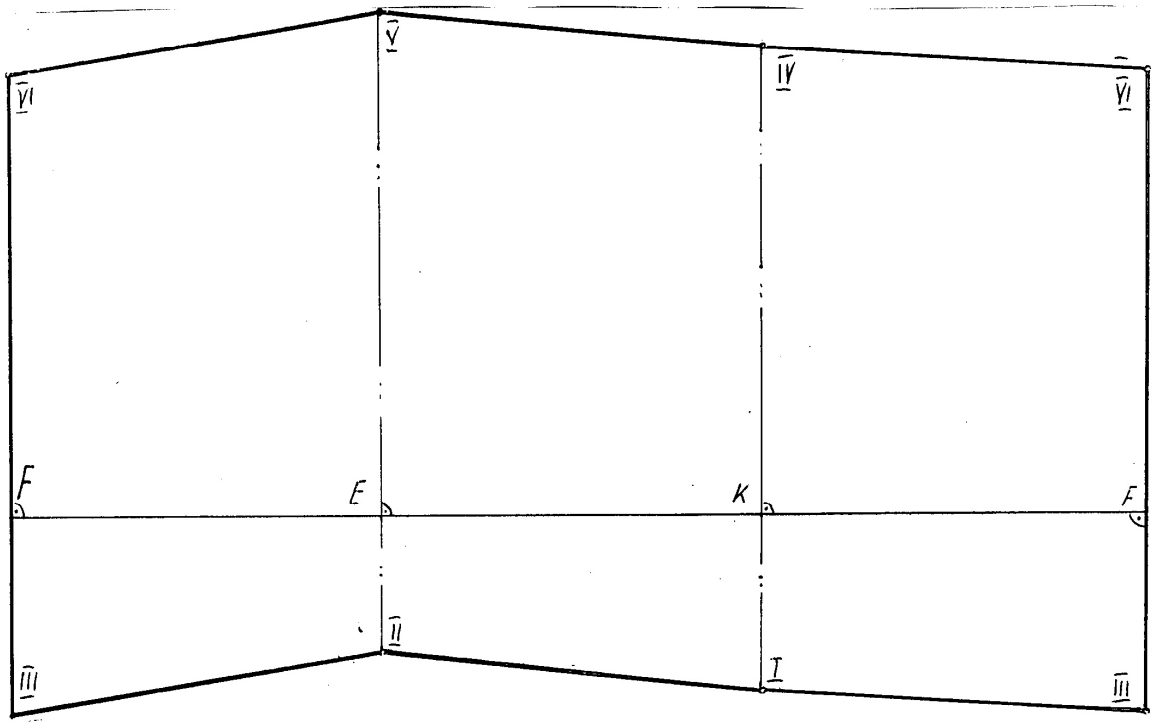


Рис. 13

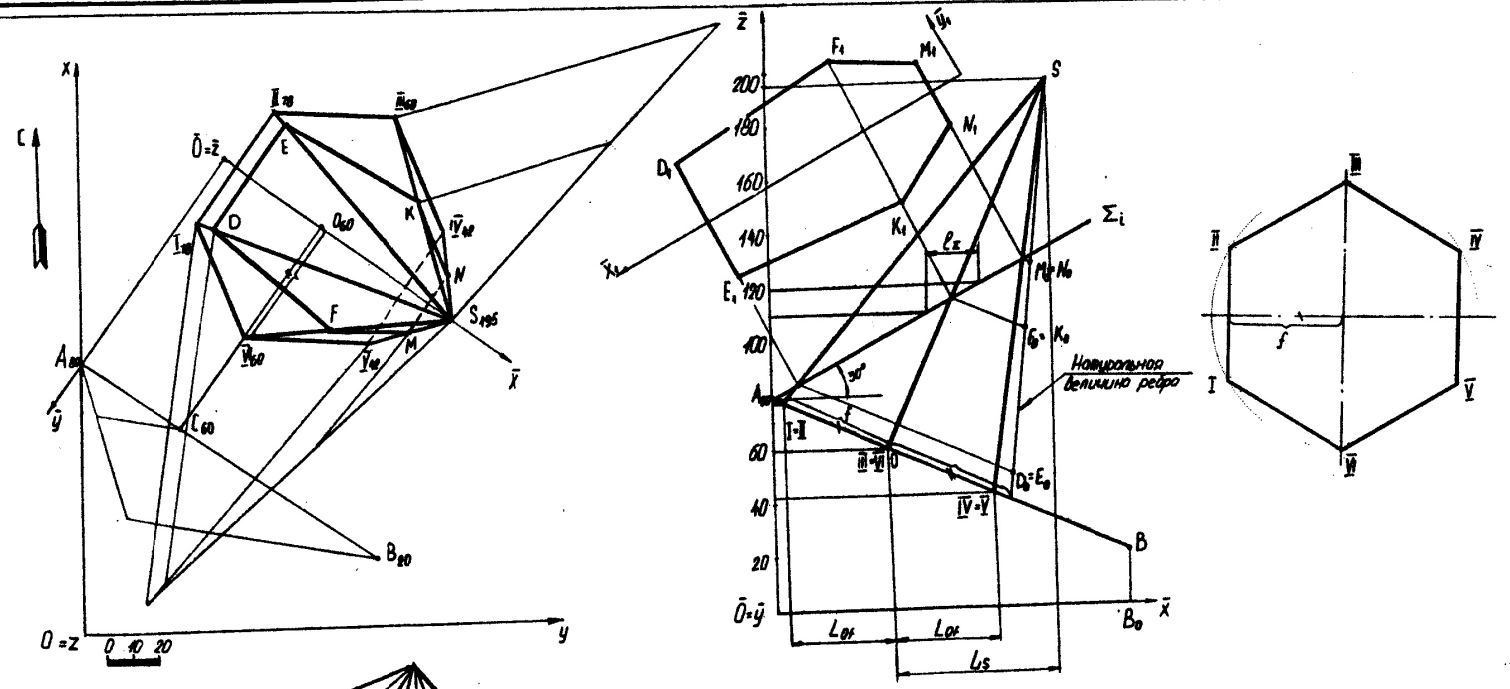
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ТАБЛИЦА 1

Номер варианта	Секущая плоскость (угол падения) Σ_i	Пирамида		
		сторона основания (a)	высота (h)	Координаты точек A, B, O
1	30°	40	150	A: $x_A = 100$, $y_A = 0$, $z_A = 80$ B: $x_B = 25$, $y_B = 110$, $z_B = 20$ O: $x_O = 150$, $y_O = 90$, $z_O = 60$
3	25°	45	150	
5	20°	50	150	
7	15°	55	150	
9	10°	60	150	
11	0°	40	155	
13	5°	45	155	
15	10°	50	155	
17	15°	55	155	
19	20°	60	155	
21	5°	40	160	
23	10°	45	160	
25	15°	50	160	
27	20°	55	160	
29	25°	60	160	
31	30°	40	150	A: $x_A = 100$, $y_A = 0$, $z_A = 80$ B: $x_B = 30$, $y_B = 115$, $z_B = 250$ O: $x_O = 140$, $y_O = 80$, $z_O = 50$
33	25°	45	150	
35	20°	50	150	
37	15°	55	150	
39	10°	60	150	
41	0°	40	155	
43	5°	45	155	
45	10°	50	155	

Продолжение табл. 1

Номер варианта	Призма													Нормальная плоскость		
	R	O			O’			A			B			L		
		x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
2	40	100	50	50	65	125	180	150	30	100	100	130	30	30	110	50
4	40	100	55	50	65	130	185	150	35	100	100	125	30	35	110	55
6	45	100	60	60	65	140	190	150	40	100	100	120	30	30	110	60
8	45	100	65	65	65	145	180	150	20	100	100	115	30	30	110	65
10	50	100	70	70	65	150	170	150	15	100	100	110	30	30	110	65
12	50	150	90	60	95	115	195	110	0	70	20	120	25	105	155	75
14	55	145	85	60	110	120	190	100	0	80	25	110	20	110	160	75
16	45	155	85	60	95	115	195	105	0	80	15	105	20	100	150	80
18	50	110	50	45	50	130	160	160	5	110	110	105	40	30	100	50
20	45	110	55	50	50	135	165	160	10	110	110	110	40	25	100	45
22	40	110	60	55	50	140	170	160	15	110	110	115	40	20	100	55
24	35	110	65	60	50	145	175	160	20	110	110	120	40	35	100	60
26	50	110	70	65	50	150	180	160	25	110	110	125	40	30	100	45
28	40	95	40	60	120	130	160	170	0	120	120	100	50	80	130	60
30	35	95	45	65	120	135	165	170	5	120	120	105	50	85	135	65
32	40	95	50	70	120	140	170	170	10	120	120	110	50	90	140	70
34	40	95	55	75	120	145	175	170	15	120	120	115	50	80	130	70
36	35	95	60	80	120	150	180	170	20	120	120	120	50	85	135	60
38	35	80	30	55	130	135	185	140	10	90	90	110	20	80	150	70
40	30	80	35	60	130	140	190	140	15	90	90	115	20	85	150	75
42	35	80	30	65	130	145	195	140	20	90	90	120	20	80	150	70
44	40	80	35	70	130	150	100	140	25	90	90	125	20	85	150	75
46	40	80	40	75	130	150	105	140	30	90	90	130	20	90	150	80


x
C
Ō=z̄
E
D
K
F
M
N
S
A
B
C
y
0 =z
0 10 20
z̄
S
200
180
160
140
120
100
60
40
20
Σi
Ō=ȳ
B
x̄
Натуральная величина ребра
30°
I=II
III=VI
IV=V
Формо 1

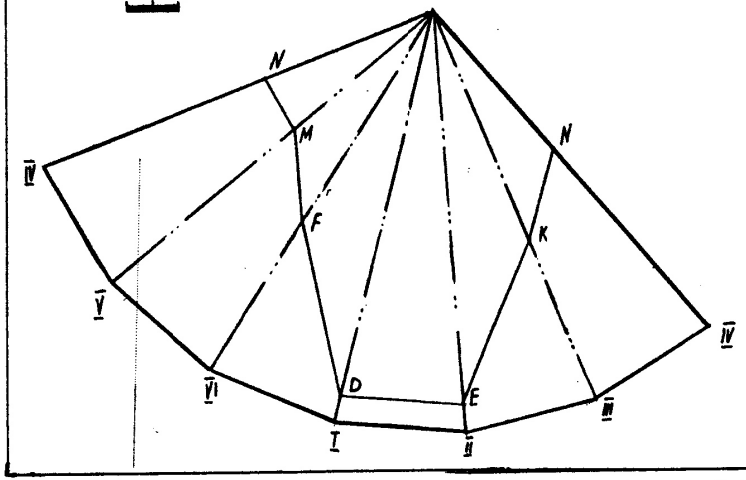

N
M
F
K
D
E
I
II
III
IV
V
VI

Рис. 14

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Эпюр № 2» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 1,6 Уч. - изд. 1,39. Тираж 150 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Горно-технологического факультета
_____Н. В. Колчина

Е. И. Шангина

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

ЭПЮР №1

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Издание УГГУ

Екатеринбург, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ 5
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА 5
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА 7
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 15
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 16

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие «Эпюр № 1выполнено на основе учебного пособия А. И. Образцова, изданного в 1953 году.

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

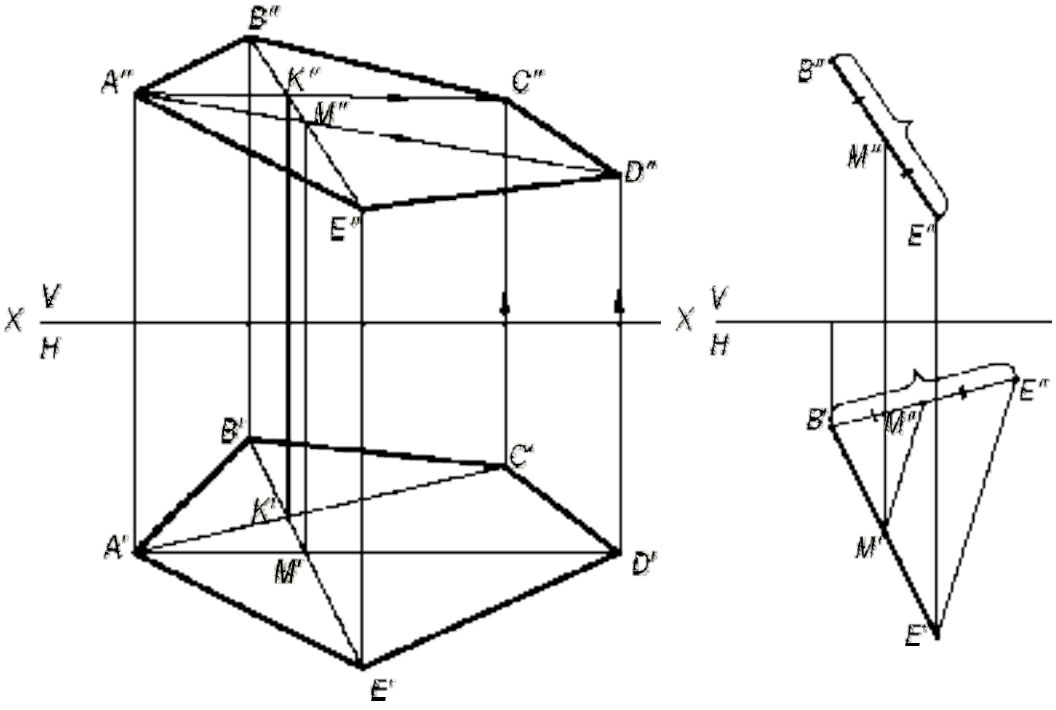
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

Задача 1. Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C*, *D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).



а) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

а- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M′*. Из проекции точки *B′* проводят линию под углом меньше 90° к *B′E′* и на ней от проекции точки *B′* откладывают отрезки равные *B″M″* и *B″E″*. Соединяют *E′* и *E″* и параллельно этому направлению проводят от M″ линию до пересечения с *B′E′*. Получают искомую горизонтальную проекцию *M′*.

Задача 2. Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

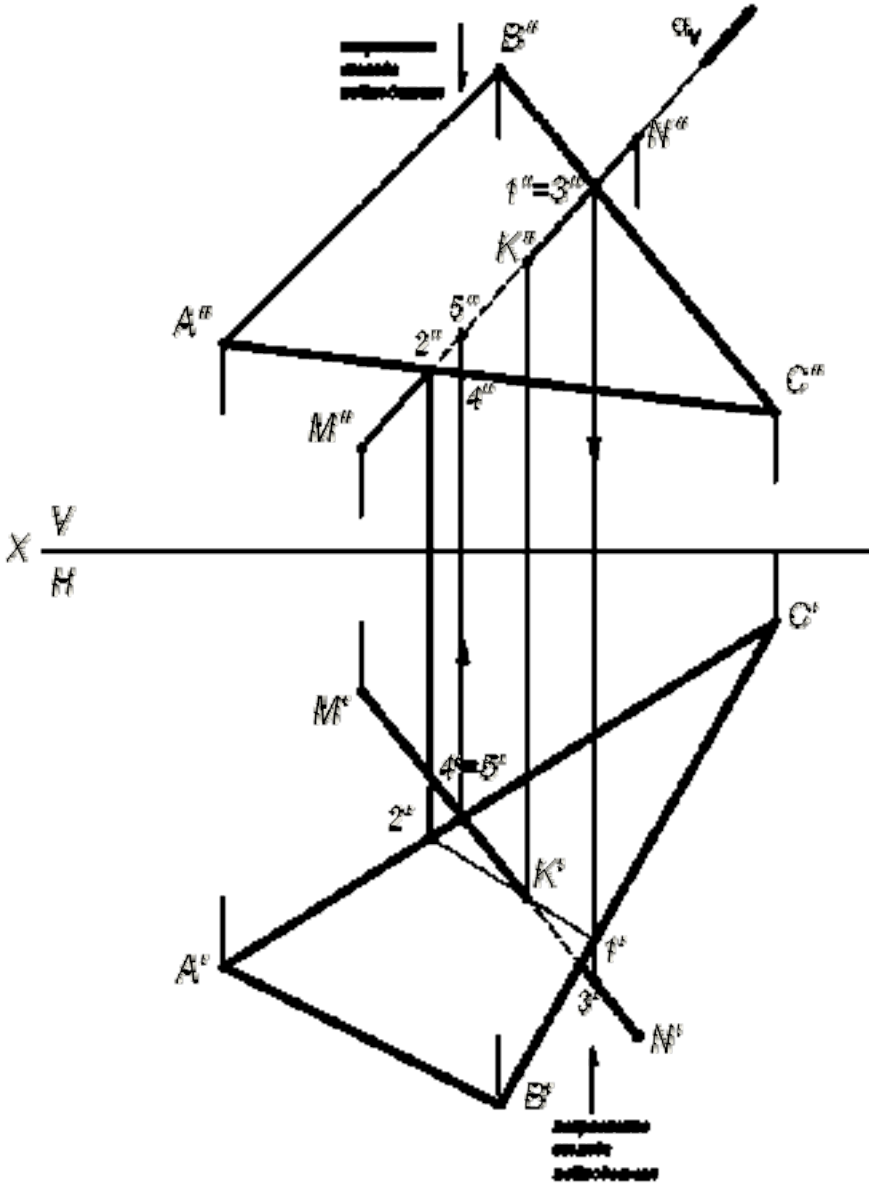


Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник α, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника α будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника α с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

Определение видимости на чертеже.

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K*′.

Задача 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость Δ*ABC* – плоскость общего положения, плоскость Δ*DEK* – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

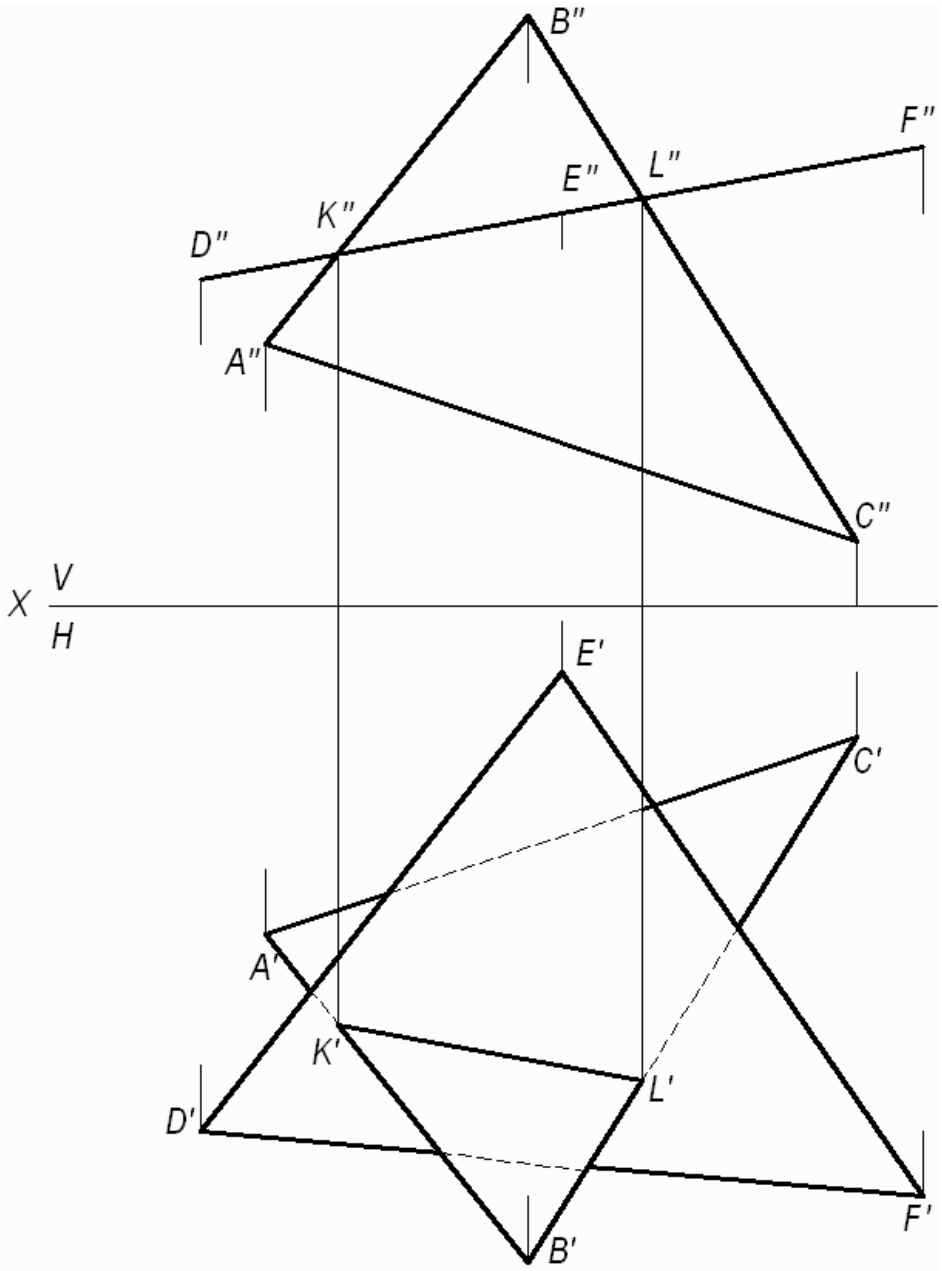


Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция Δ*DEK* совпадает с фронтальным следом плоскости и фронтальной проекцией линии пересечения треугольников.

(*KL*) - линия пересечения двух треугольников. Проекции этой линии пересечения – фронтальную и горизонтальную строят исходя из свойства принадлежности точек *K* и *L* сторонам (*AB*) и (*BC)*, соответственно. Видимость треугольников на горизонтальной плоскости проекций определяем методом конкурирующих точек, рассмотренном в задаче 2.

Задача 4. Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.

Даны две плоскости общего положения, заданные треугольниками *ABC* и *DEK*. Построить линию пересечения двух треугольников, определить видимость треугольников на проекциях.

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, определяется двумя точками, каждая из которых одновременно принадлежит обеим плоскостям. Общие точки определяются решением основной позиционной задачи начертательной геометрии – построение точки пересечения прямой с плоскостью (см. рис. 2).

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (проецирующие плоскости). Решение задачи приведено на рис. 4.

Алгоритм решения задачи:

1. Определяют первую точку линии пересечения двух треугольников – точку *M*.

1.1. Фронтально-проецирующая плоскость α проведена через сторону *DK* и задана на чертеже фронтальным следом α_V.

1.2. Плоскость α пересекает плоскость треугольника *ABC* по прямой (1,2), на чертеже строят две проекции этой прямой.

1.3. Прямая (1,2) пересекает сторону *DK* в точке *M*, строят две проекции точки M'' и M'.

2. Определяют вторую точку искомой линии пересечения двух треугольников – точку *N*.

2.1. Горизонтально-проецирующая плоскость β проведена через сторону *AB* и задана на чертеже горизонтальным следом β_H.

2.2. Плоскость β пересекает плоскость треугольника *DEK* по прямой (3,4), на чертеже строят две проекции этой прямой.

2.3. Прямая (3,4) пересекает *AB* в точке *N*, строят две проекции точки N'' и N'.

Плоскости треугольников *ABC* и *DEK* пересекаются по прямой *MN*.

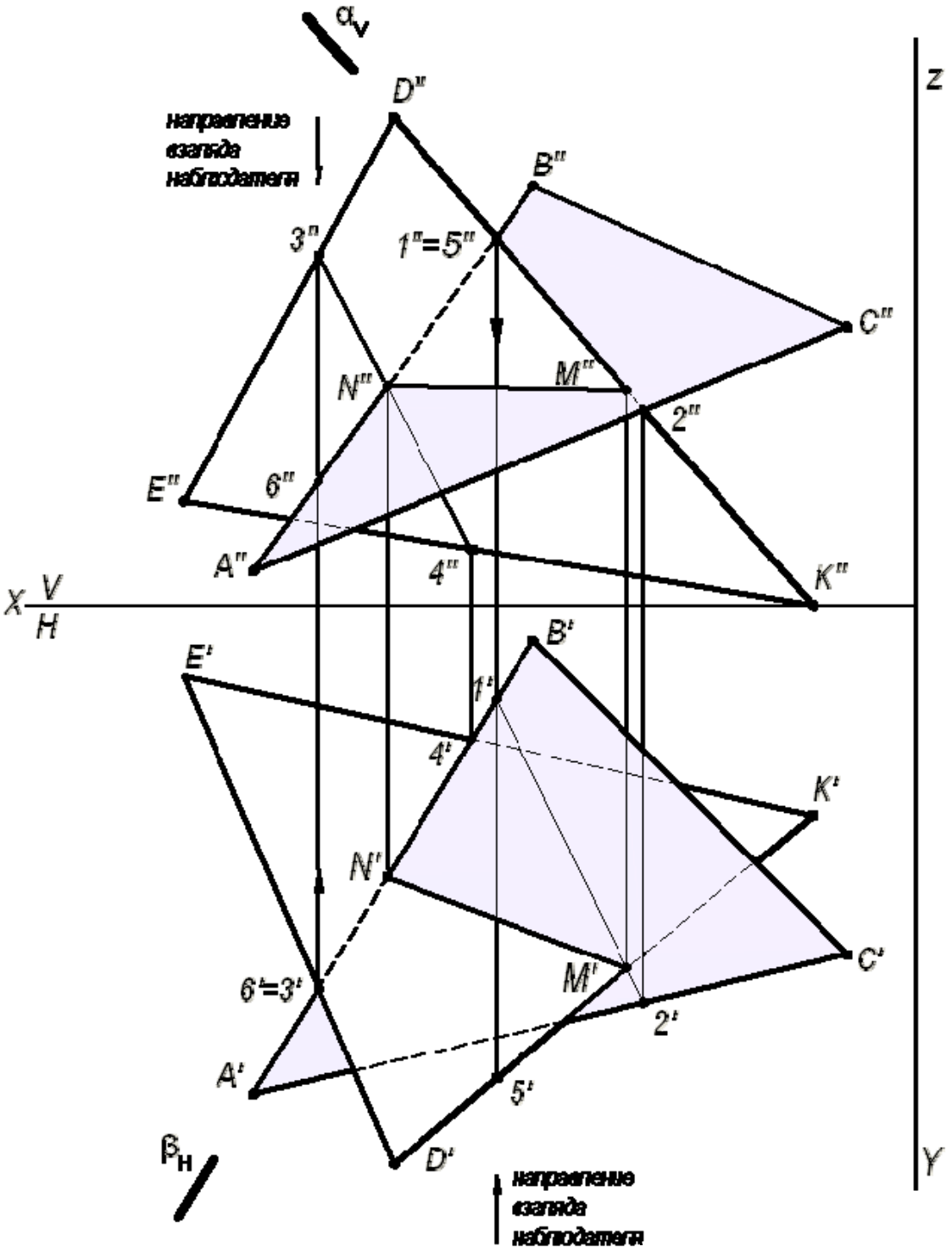


Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяют методом конкурирующих точек.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* выбираем две скрещивающиеся прямые *D″K″* и *A″B″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1″ и 5″. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 5′, лежащая на проекции прямой *D′K′*, будет закрывать про-

екцию точки 1′, лежащую на проекции прямой $A'B'$, т. к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на фронтальной плоскости проекция $D''K''$ будет закрывать проекцию $A''B''$. Границей видимости является проекция линии пересечения $M''N''$.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций H выбираем две скрещивающиеся прямые $A'B'$ и $D'E'$, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 3′ и 6′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 3″, лежащая на проекции прямой $D''E''$, будет закрывать проекцию точки 6″, лежащую на проекции прямой $A''B''$, т.к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекция $D'E'$ будет закрывать проекцию $A'B'$. Границей видимости является проекция линии пересечения $N'M'$.

Задача 5. Построить две проекции линии пересечения плоскости α - общего положения, заданной следами и плоскости β - общего положения, заданной параллельными прямыми a и b.

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (плоскости уровня), пересекающие заданные плоскости по прямым, недостающие проекции которых легко строятся и пересекаются в пределах чертежа.

Графическое решение задачи приведено на рис. 5.

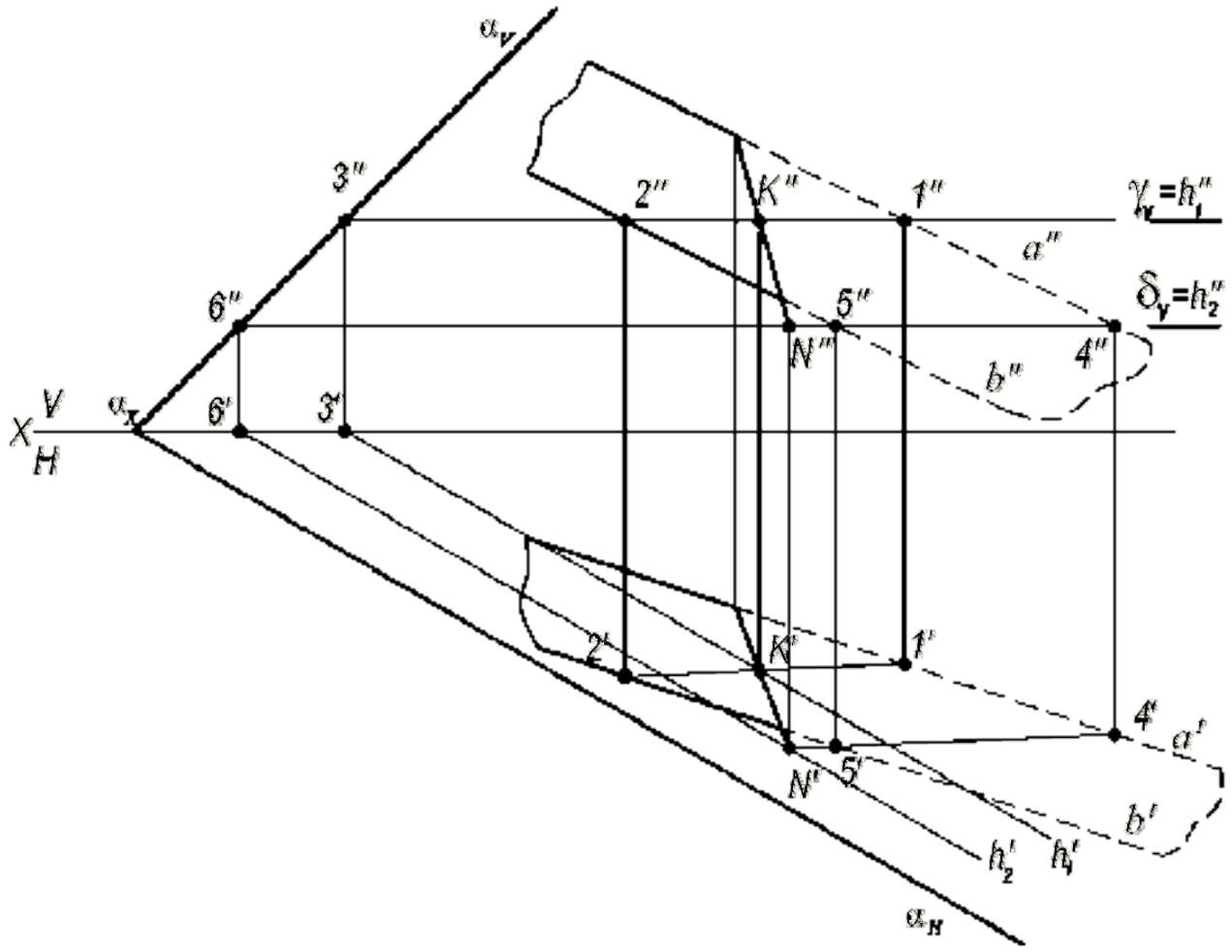
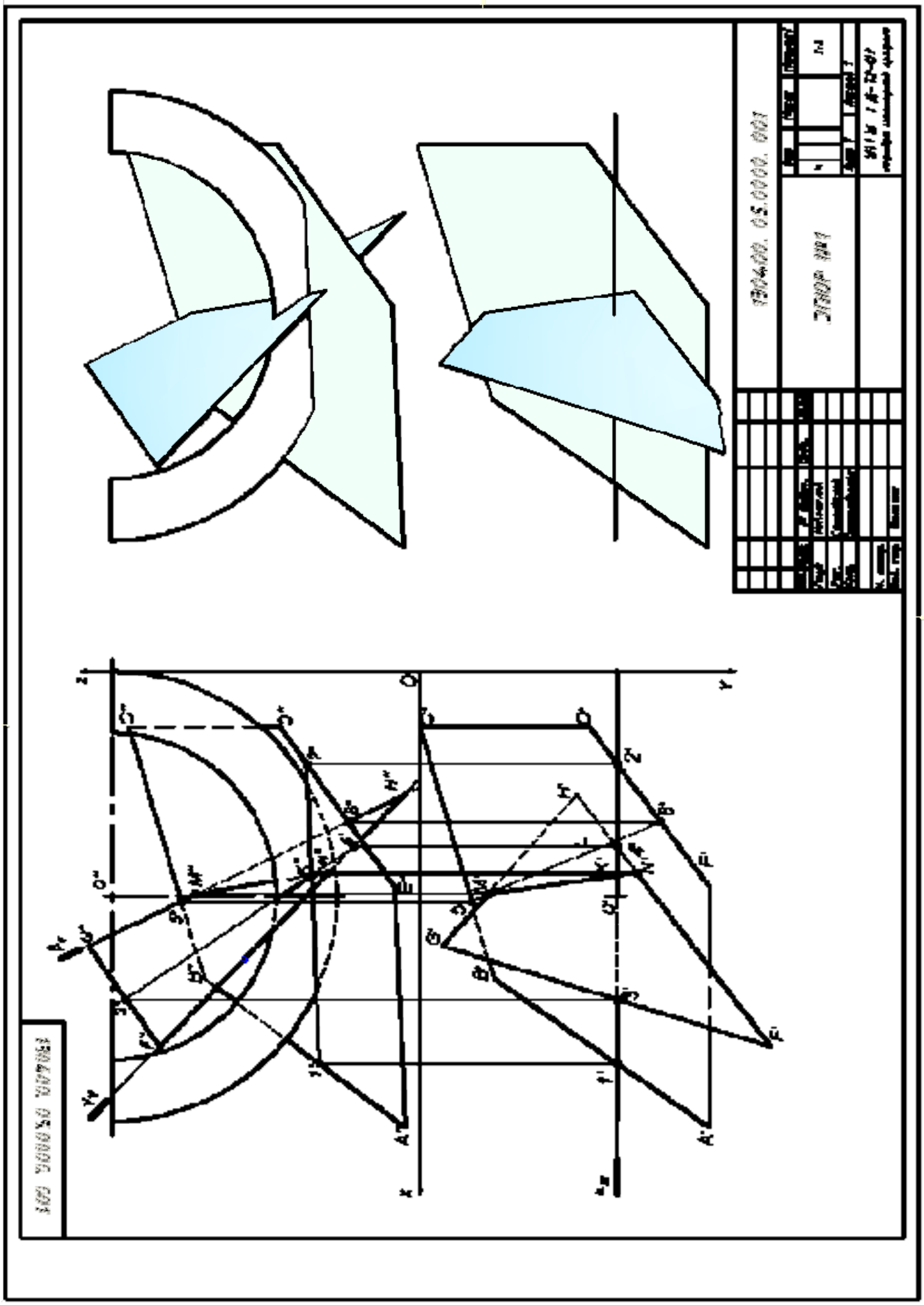


Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

Вспомогательная горизонтальная плоскость-посредник γ задана следом γ_V и пересекает плоскость α по горизонтали, проходящей через точку 3, а плоскость β по горизонтали (1, 2). Горизонтальные проекции этих горизонталей пересекаются в точке *K*. Строят фронтальную проекцию точки *K*, используя свойство принадлежности точки прямой линии. Точка *K* принадлежит обеим плоскостям α и β. Вторая точка *N*, общая для двух плоскостей α и β, определяется второй вспомогательной плоскостью-посредником частного положения δ (на чертеже задана следом δ_V). Искомая прямая (*KN*) является линией пересечения двух плоскостей α и β.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. Учеб. пособие. М.: Высшая школа. 2007.272 с.

2. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 121 с.

3. Самохвалов Ю. И., Шангина Е. И. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 96 с.