



Государственное бюджетное образовательное учреждение
среднего профессионального образования
Республики Марий Эл
«Йошкар-Олинский технологический колледж»

**Контрольные задания и методические указания
по инженерной графике для студентов заочного факультета**

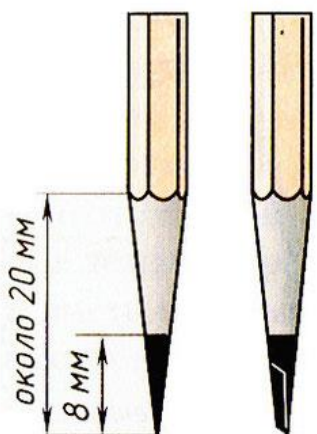
Выполнил преподаватель Яранцев Н.С.

Йошкар-Ола 2020 год

Инструменты и приспособления



Чертежная бумага. Для черчения используют плотную белую нелинованную бумагу. Для эскизов применяют и бумагу в клетку.



Карандаши. Карандаши нужны для построения и обводки чертежей. Чертежные карандаши подразделяются на твердые, средней твердости и мягкие. Твердые обозначаются буквой «Т», мягкие — «М» и средней твердости — «МТ». Из иностранных марок рекомендуется приобретать карандаши марки Кох-и-Нор типа «В», «ВН». Цифры, стоящие перед буквами, указывают на степень твердости или мягкости карандаша. На карандашах средней твердости цифра перед буквами «МТ» и «ВН» не ставится.

Толстые (**мягкие**) карандаши используются для черчения толстых линий. Заточку карандаша производят на конце, противоположном фабричному клейму, придавая графиту форму конуса или лопатки (этот способ применяют для заточки графита вставной ножки циркуля и кронциркуля). Чинить карандаш следует на длину 20...25 мм, при этом графит должен выступать из древесины на 10...12 мм.

Тонкие (**твёрдые**) карандаши. Для черчения тонких линий рекомендуется использовать автоматические карандаши с грифелями толщиной 0,5 или 0,7 мм твёрдостью «В».

Чертеж — конструкторский документ. К конструкторским документам относят графические (чертежи, схемы) и текстовые (спецификация, ведомости, технические условия и т. д.) документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав, устройство изделия, содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Чертежи, схемы и другие конструкторские документы выполняют по единым правилам и нормам, установленным государственными стандартами – ГОСТами. Государственные стандарты сведены в единую систему конструкторской документации (ЕСКД).

Форматы

Чертежи выполняют на листах бумаги определенного размера, называемых форматами.

Размеры формата и его обозначения установлены ГОСТ 2.301-68 (рис. 1, 2).

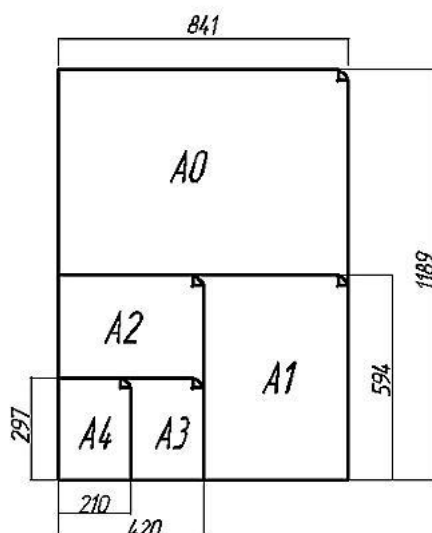


Рис. 1. Вертикальные форматы

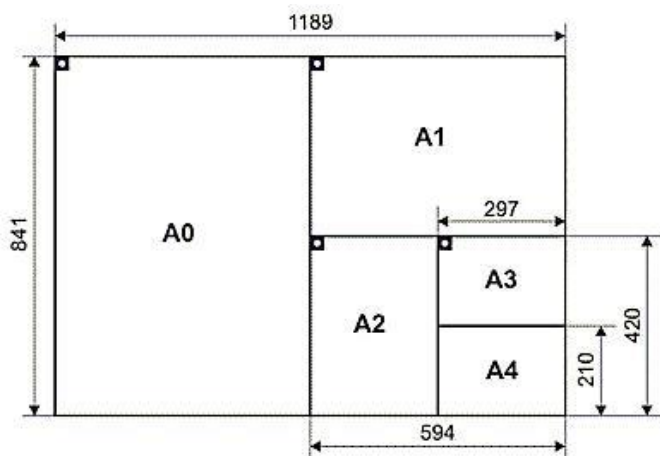


Рис. 2. Горизонтальные форматы

Площадь формата А0 примерно равна 1 м². Другие основные форматы могут быть получены последовательным делением формата А0 на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата. На уроках черчения используют формат А4, размеры которого равны 210 х 297 мм. Размер формата А4 (210х297) принят за единицу измерения остальных форматов.

В таблице 1 представлены размеры форматов:

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
А0	841 х 1189
А1	594 х 841
А2	420 х 594
А3	297 х 420
А4	210 х 297

Форматы оформляются внутренней рамкой чертежа, которая наносится по ГОСТу. Проводят её сплошной толстой основной линией. Сверху, справа и снизу расстояние между линиями ограничивающими внутреннюю и внешнюю рамки принимают равными – 5 мм. С левой стороны для подшивки и брошюровки чертежей оставляют полосу шириной 20 мм (рис. 3). Это облегчает их хранение, создаёт другие удобства.

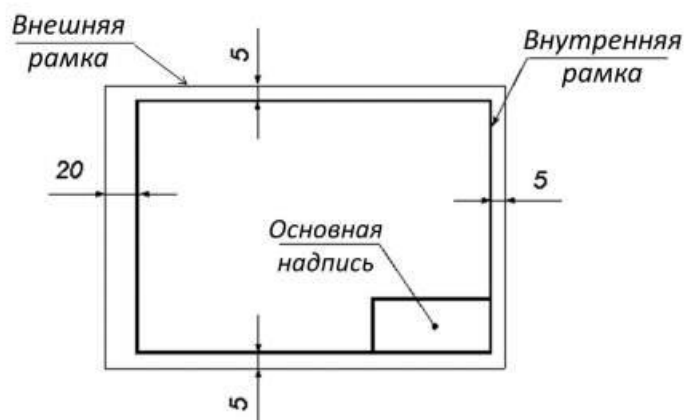


Рис. 3. Оформление формата

Основная надпись чертежа

Производственные чертежи, выполняемые на листах формата А4, располагают только вертикально, а основную надпись на них — только вдоль короткой стороны. На чертежах других форматов основную надпись можно располагать и вдоль длинной и вдоль короткой стороны.

В правом нижнем углу располагается основная надпись чертежа, содержащая сведения об изображённом изделии. В виде исключения на учебных чертежах формата А4 основную надпись разрешено располагать как вдоль длинной стороны, так и вдоль короткой (рис. 4).

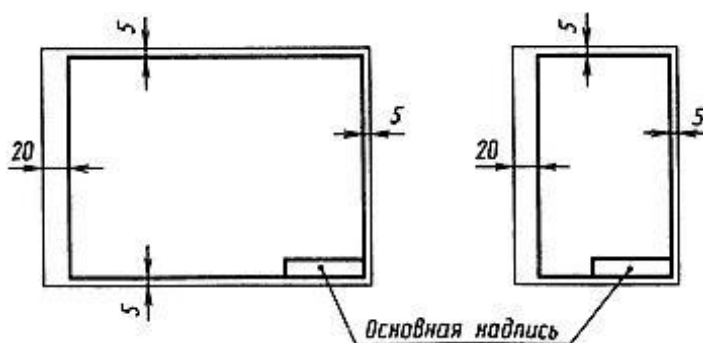


Рис. 4. Расположение рамки и основной надписи на чертеже.

Основные надписи для чертежей, текстовых документов.

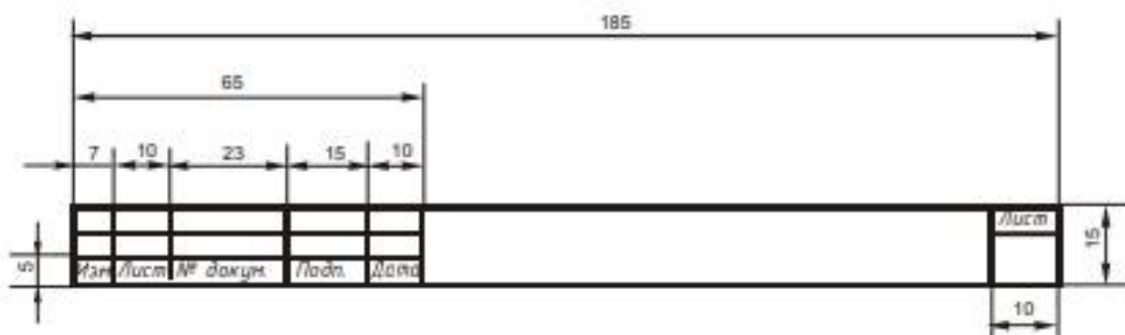
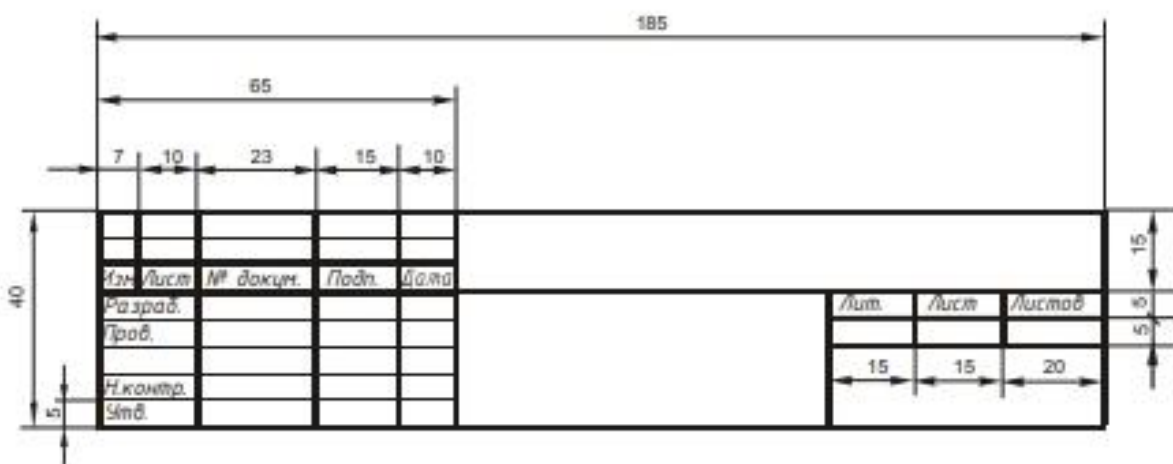
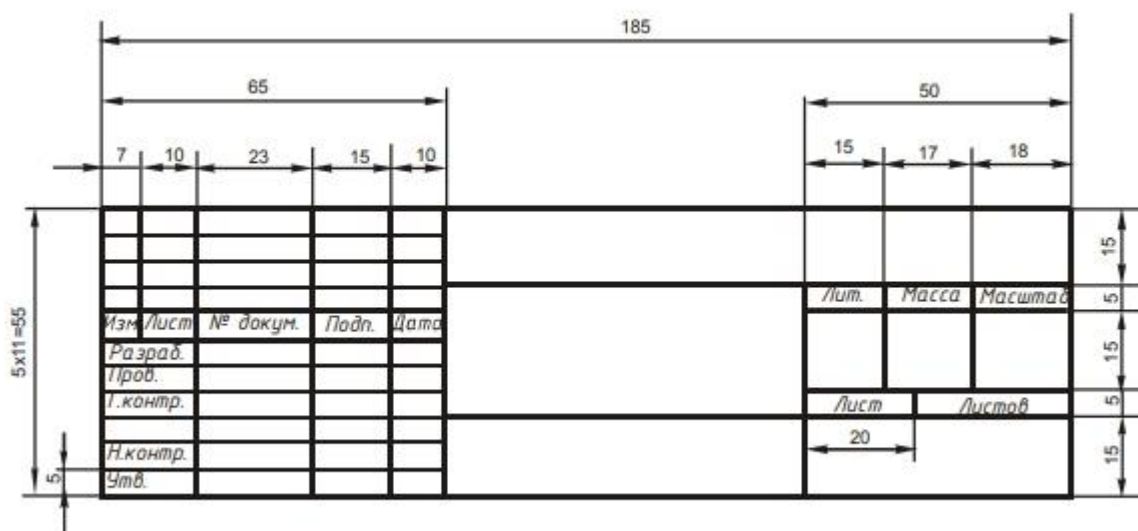


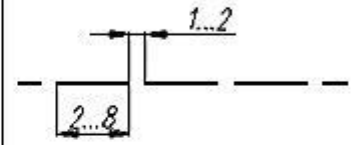
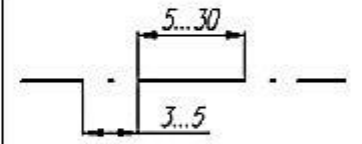
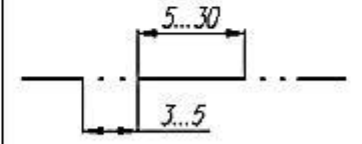




Таблица 1 – Типы линий и их назначение

При выполнении чертежей применяют линии различной толщины и начертания в соответствии с [ГОСТ 2.303-68](#). Каждая из них имеет своё назначение. На чертеже применяют три типа линий: сплошные, штриховые, штрихпунктирные. Разновидности этих линий, правила их начертания и применение приведены в таблице 1.

№ п.п.	Наименование	Начертание	Основное назначение	Толщина линии по отношению к толщине основной линии
1	Сплошная толстая основная		Линии видимого контура	S
2	Сплошная тонкая		Линии размерные и выносные	S/3...S/2
3	Штриховая		Линии невидимого контура	S/3...S/2
4	Штрихпунктирная тонкая		Линии осевые и центровые	S/3...S/2
5	Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		Линии сгиба на развертках	S/3...S/2
6	Сплошная волнистая		Линии обрыва	S/3...S/2
7	Разомкнутая		Линии сечений	S...1,5 S

1. Основная линия - сплошная толстая выполняется толщиной, обозначаемой буквой **S**, в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от сложности и величины изображения на данном чертеже, а также от формата чертежа. Сплошная толстая линия применяется для изображения видимого контура предмета. Выбранная толщина **S** линии **должна быть одинаковой на данном чертеже**.

2. Сплошная тонкая линия применяется для изображения размерных и выносных линий, штриховки сечений, линии контура наложенного сечения, линии выноски. Толщина сплошных тонких линий берётся в 2-3 раза тоньше основных линий.

3. Штриховая линия применяется для изображения невидимого контура. Длина штрихов должна быть одинаковая, от 2 до 8 мм. Расстояние между

штрихами берут от 1 до 2 мм. Толщина штриховой линии в 2-3 раза тоньше основной.

4. **Штрихпунктирная линия** применяется для изображения осевых и центровых линий, линий сечения, являющихся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений. Длина штрихов- должна быть одинаковая и выбирается в зависимости от размера изображения от 5 до 30 мм. Расстояние между штрихами от 2 до 3 мм. Толщина штрихпунктирной линии от $S/3$ до $S/2$, Осевые и центровые линии концами должны выступать за контур изображения на 2-5 мм и оканчиваться штрихом, а не точкой.

5. **Штрихпунктирная с двумя точками линия** применяется для изображения линии сгиба на развёртках. Длина штрихов от 5 до 30 мм, и расстояние между штрихами от 4 до 6 мм. Толщина этой линии такая же, как и у штрихпунктирной тонкой, то есть от $S/3$ до $S/2$ мм.

6. **Сплошная волнистая линия** применяется, в основном как линия обрыва в тех случаях, когда изображение дано на чертеже не полностью. Толщина такой линии от $S/3$ до $S/2$.

7. **Разомкнутая линия** применяется для обозначения линии сечения. Толщина её выбирается в пределах от S до $11/2S$, а длина штрихов от 8 до 20 мм.

На рисунке 1 показан пример применения различных типов линий

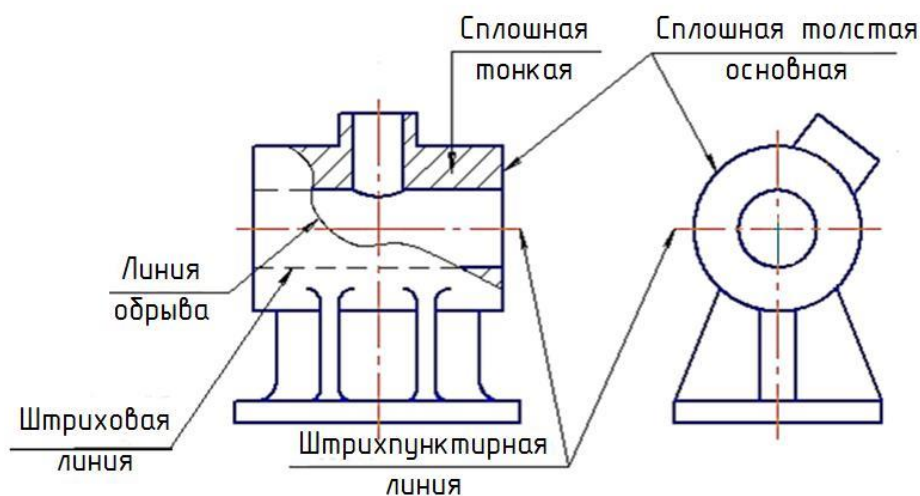


Рисунок 1.

При выполнении учебных чертежей надо учитывать, что от правильного применения линий по их назначению, правильного выбора их толщин, качественного выполнения штриховых и штрихпунктирных линий в большой мере зависит удобство пользования чертежом.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения. Штрихи штриховой и штрихпунктирной линии должны

быть одинаковой длины. Одинаковыми оставляют и промежутки между штрихами. Эти линии заканчивают штрихами, за очертания изделия **выходить на 3-5 мм**. Центр окружности во всех случаях определяется пересечением штрихов (рисунок 2).

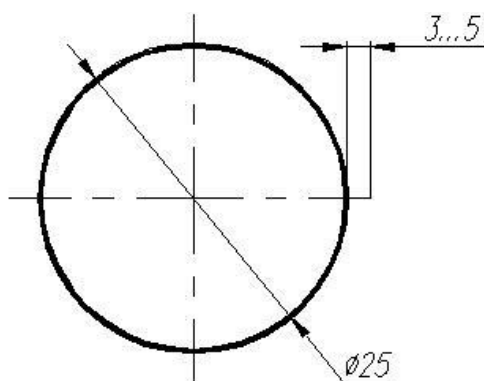


Рисунок 2

Если размеры окружности или другой геометрической фигуры менее 12 мм, то штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями (см. рис. 3).

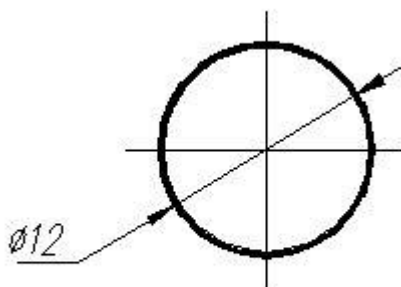


Рисунок 3

Чертежный шрифт

Шрифт (от нем. Schrift) — это рисунок, начертание букв для кого-либо алфавита, цифр и знаков.

Первый стандарт «Шрифты для надписей» был разработан и утвержден в 1919 г.

Шрифты чертежные (ГОСТ 2.304-81) предназначены для выполнения надписей, начертания условных знаков и размерных чисел на чертежах. ГОСТ устанавливает номера чертежных шрифтов (1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40) русского, латинского и других алфавитов.

Номер шрифта соответствует высоте (**h**) прописной буквы. Например, шрифт № 5 имеет высоту прописной буквы, равную 5 мм. Высота буквы измеряется перпендикулярно к основанию строки. Шрифт выполняется с наклоном в **75°**.

Чтобы научиться красиво писать чертежным шрифтом, вначале для каждой буквы чертят вспомогательную сетку с ячейками, имеющими форму параллелограмма с основанием и высотой, равной $h/7$ и углом при основании около 75° .

Вспомогательная сетка – сетка, образованная вспомогательными линиями, в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательной сетки определяется в зависимости от толщины шрифта d (рис. 1)

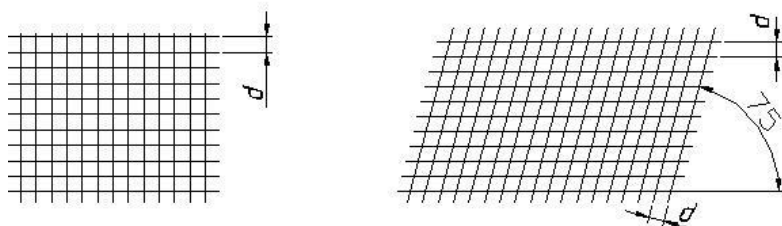


Рис. 1. Вспомогательная сетка

Вспомогательную сетку выполняют следующим образом. Проводят нижнюю и верхнюю линии строки, расстояние между которыми равно высоте прописной буквы. Откладывают на нижней линии строки ширину букв и расстояние между ними (табл. 1).

Таблица 1. Размеры букв чертежного шрифта

Параметры шрифта типа Б ($d = h/10$)			
Параметры шрифта	Обозначение	Относит. размер	Размеры, мм
Высота прописных букв	h	$(10/10)h$	10d 1.8 2.5 3.5 5.0 7.0 10.0 14.
Высота строчных букв	c	$(7/10)h$	7d 1.3 1.8 2.5 3.5 5.0 7.0 10.
Расстояние между буквами	a	$(2/10)h$	2d 0.35 0.5 0.7 1.0 1.4 2.0 2.8
Минимальный шаг строк	b	$(17/10)h$	17d 3.1 4.3 6.0 8.5 12.0 17.0 2.4
Минимальное расстояние между словами	E	$(6/10)h$	6d 1.1 1.5 2.1 3.0 4.2 6.0 8.4
Толщина линии шрифта	d	$(1/10)h$	d 0.18 0.25 0.35 0.5 0.7 1.0 1.4
Ширина букв и цифр шрифта типа Б			
Прописные буквы	Широкие	Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ	8d
	Промежуточные	А, Д, М, Х, Ы, Ю	7d
	Узкие	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, Ц, П, Т, Р, У, Ч, Ь, Э, Я, Г, Е, С, З	6d
Строчные буквы	Широкие	ж, т, ф, ш, щ	7d
	Промежуточные	м, ю, ы	6d
	Узкие	а, б, в, г, д, и, к, л, о, н, ц, п, р, у, х, ч, э, я, ь, с, з	5d 4d
Цифры	1 -3d, 4-6d,	остальных - 5d	

Для букв Г, Д, И, И, Л, М, П, Т, Х, Ц, Ш, Щ, можно провести только две вспомогательные линии на расстоянии, равном их высоте h. Для букв Б, В, Е, Н, Р, У, Ч, Ъ, Ы, Ь, Я между двумя горизонтальными линиями следует добавить посередине ещё одну по которой выполняют средние их элементы. Для букв З, О, Ф, Ю проводят четыре линии, где средние линии указывают границы округлений.

Рассмотрите начертание букв чертежного шрифта (рис. 2-4). Они различаются наличием горизонтальных, вертикальных, наклонных линий и закруглений, шириной и высотой. На рисунках стрелками показана последовательность начертания каждой буквы.



Рис. 2. Начертание прописных букв, состоящих из горизонтальных и вертикальных элементов, и построение вспомогательной сетки



Рис. 3. Начертание прописных букв, состоящих из горизонтальных, вертикальных и наклонных элементов



Рис. 4. Начертание прописных букв, состоящих из прямолинейных и криволинейных элементов

Начертания многих строчных и прописных букв не отличаются между собой, например К — к, О — о и др., но начертание некоторых строчных букв отличается от начертания прописных (рис. 5).



Рис. 5. Начертание строчных букв, отличающихся от начертания прописных букв

При выполнении надписей следует учитывать, что нижние элементы прописных букв **д**, **ц**, **щ** и верхний элемент буквы **й** выполняют за счет расстояния между строк.

Несмотря на то что расстояние между буквами определено стандартом, оно должно изменяться в зависимости от того, какое начертание имеют рядом стоящие буквы. Например, в слове **РАБОТА** (рис. 6а) расстоянием между буквой **Р** и **А**, **Т** и **А** необходимо пренебречь (т. е. расстояние должно быть равно нулю), поскольку их начертание зрительно создает достаточный межбуквенный просвет. По этой же причине стандартное расстояние между буквами **Б** и **О**, **О** и **Т** следует сократить в половину. Если такими условиями пренебречь, то буквы в слове будут как бы рассыпаться (рис. 6 б).



Рис. 6. Учет межбуквенного просвета при написании слов:

а — правильно; б — неправильно

Начертание цифр показано на рисунке 7. (При выполнении чертежей выбирайте высоту шрифта не менее 3,5 мм.)

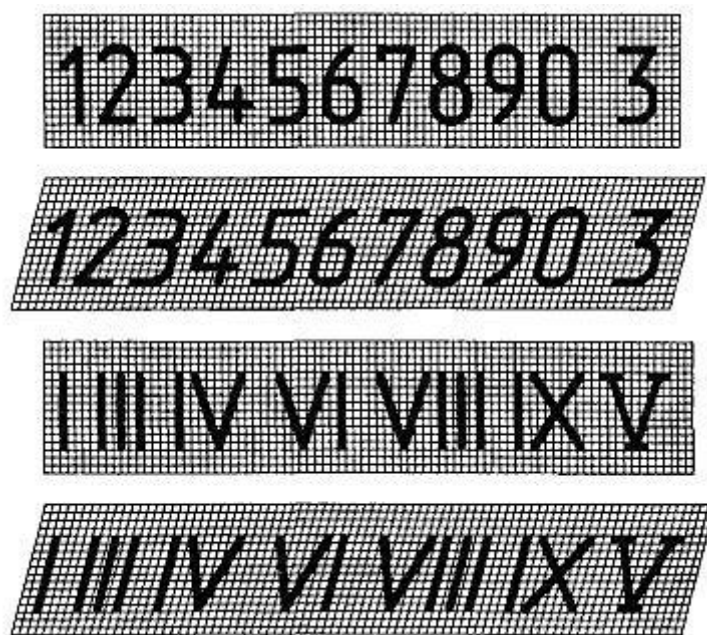
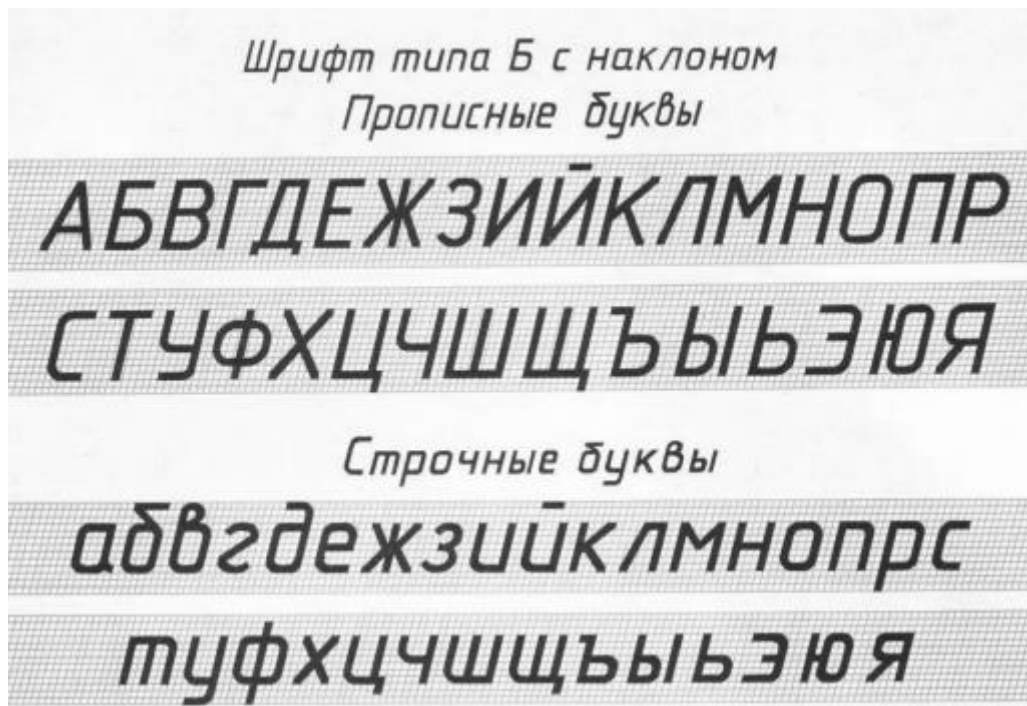


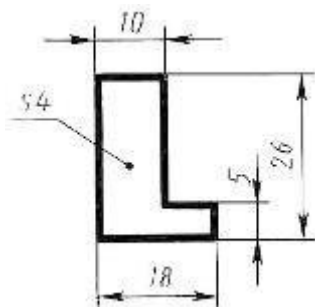
Рис. 7. Написание цифр

После овладения навыками написания букв и цифр можно проводить только верхнюю линию строки вспомогательной сетки. Контуры букв намечают тонкими линиями, убедившись, что буквы написаны правильно, обводят их мягким карандашом.

Правила нанесения размеров на чертежах

Размер – величина отрезка, угла, дуги, окружности, выраженная в каких-либо единицах. Например, в странах с метрической системой измерения на машиностроительных чертежах линейные размеры проставляются в

миллиметрах, без обозначения единиц измерения; угловые размеры указываются в градусах, радианах, минутах с обозначением единиц измерения, а на строительных – в сантиметрах.



В других странах используется иная система измерений, поэтому размеры на чертежах проставляются в дюймах. Один американский дюйм равен 24,5 мм (G – 24,5 мм).

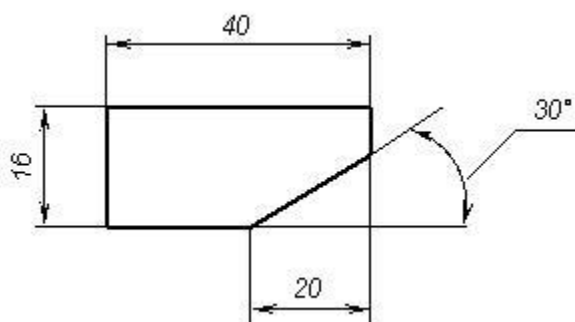


Рис.1. Нанесение размеров

Размеры на чертеже – величины, используемые для уточнения геометрической формы изображенного объекта, его элементов и позволяющие осуществить изготовление и контроль за соблюдением геометрических параметров изделия.

Нанесение размеров – процесс нанесения на изображения чертежа выносных и размерных линий, размерных чисел с учетом формы (в том числе ее конструктивных особенностей) изделия и технологии его изготовления (рис.2).

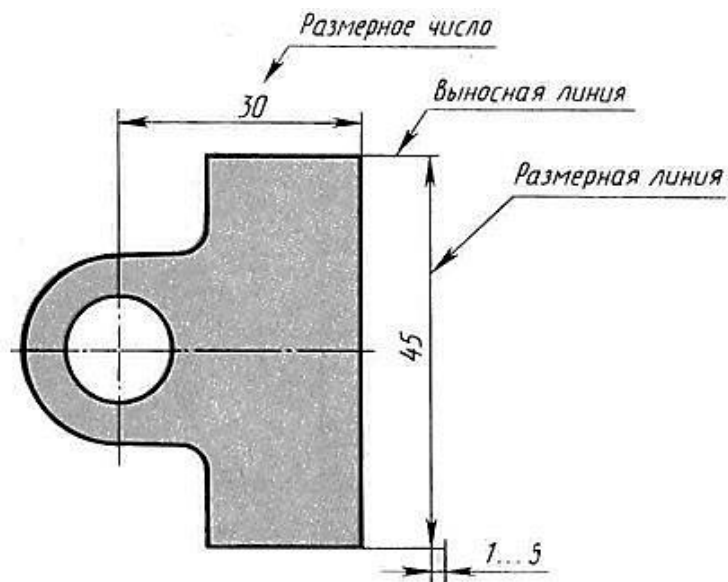


Рис. 2.

Для нанесения размеров каждого элемента формы существуют определенные правила. Вы знаете, что на видах форма отображается контурами, состоящими из отрезков прямых, дуг окружностей и т. д. Проставляя размеры для каждого элемента изображения на чертеже, мы тем самым задаем размеры предмета, которые наносятся по определенным правилам.

Общие правила нанесения размеров

Размеры следует задавать только от линий видимого контура. Число размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для однозначного задания предмета. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента изделия.

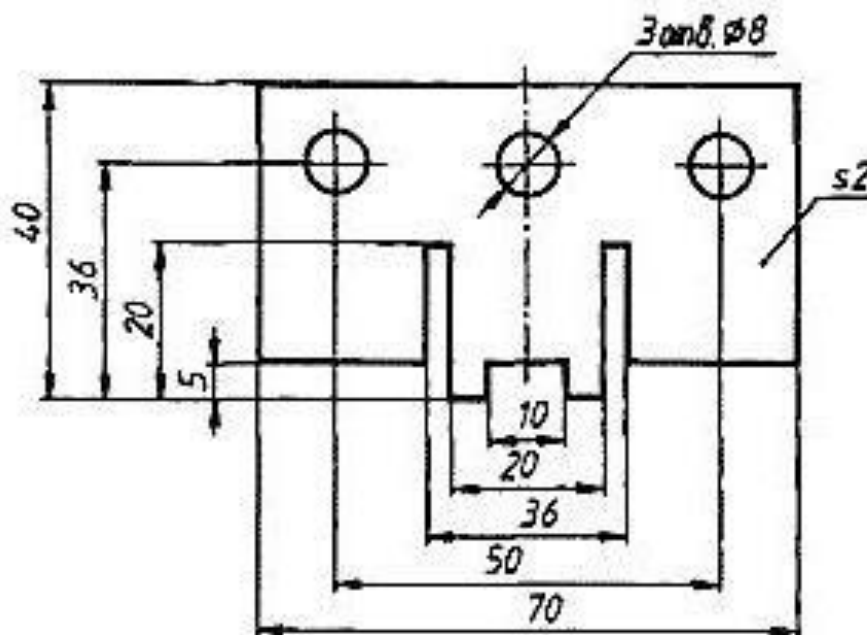


Рис. 3. Нанесение размеров

В практике применяют три способа нанесения размеров: цепочкой, координатный (от одной базы) и комбинированный. При нанесении размеров цепочкой один из них не указывают, так как он определяется габаритным размером детали. Основным недостатком этого способа является суммирование ошибок, которые могут появиться в процессе изготовления детали. При координатном способе размеры наносят от выбранной базы. При этом способе любой размер не зависит от других размеров детали. Комбинированный способ соединяет особенности цепного и координатного способов. Этот способ является наиболее распространенным.

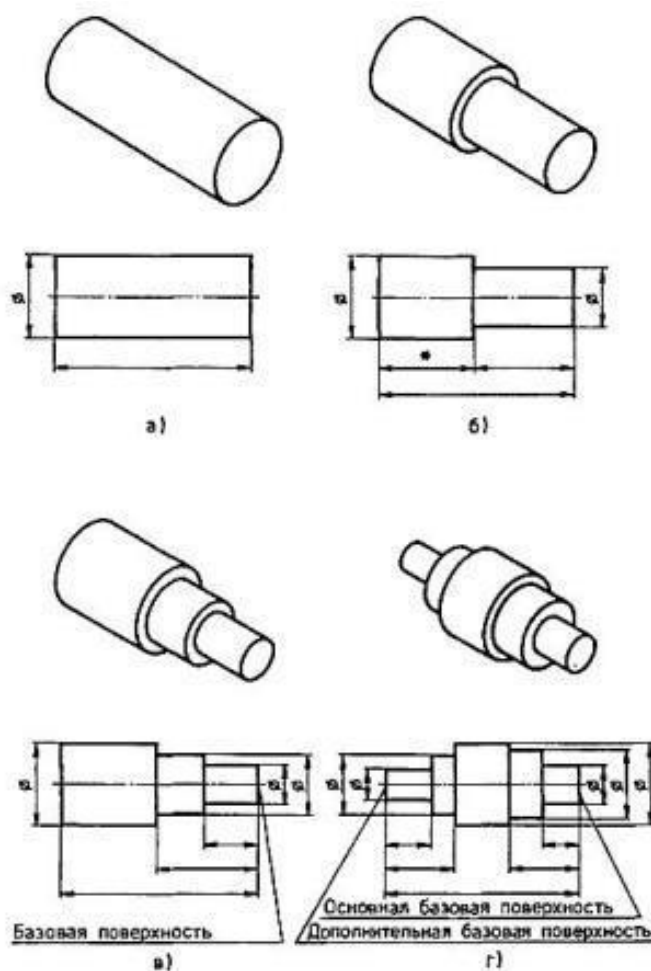


Рис. 4. Способы постановки размеров:

а – обычный; б – цепочкой; в – от одной базовой поверхности;

г – от двух базовых поверхностей

В случаях, показанных на рис.5, размерную и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм.

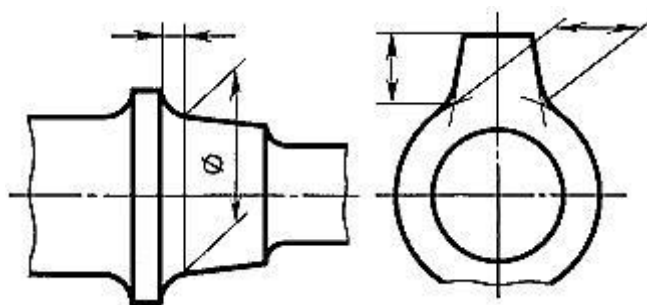


Рис. 5.

Нанесение размеров прямолинейных отрезков

При нанесении размеров формы, изображенной на чертеже отрезками прямых, предпочтительно проставлять размеры следующим образом. От концов отрезка проводят две параллельные между собой сплошные тонкие линии, которые называются выносными линиями. На расстоянии 10 мм от отрезка и параллельно ему проводят сплошную тонкую линию, называемую размерной линией, а расстояние между параллельными размерными линиями должно быть не менее 7 мм (рис. 6).

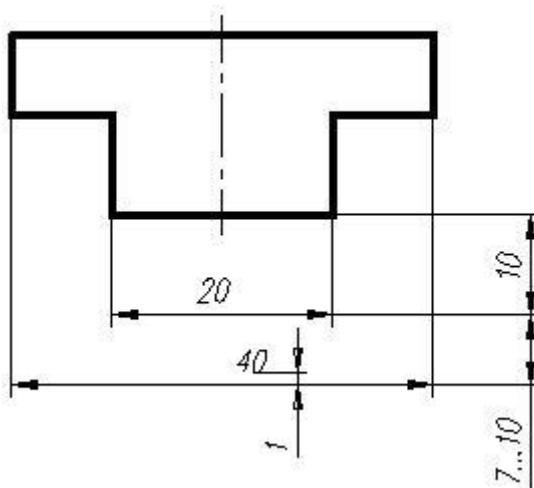


Рис. 6.

Размерная линия своими концами упирается в выносные линии и заканчивается стрелками, форма и размеры которых должны соответствовать рисунку 7. На выполняемом чертеже размеры стрелок должны быть примерно одинаковы. Стрелки нельзя пересекать никакими линиями, кроме линий штриховки в разрезах и сечениях.

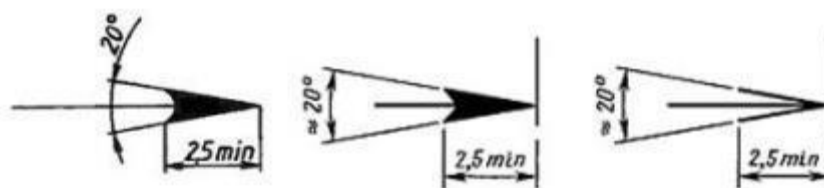


Рис. 7. Изображение стрелки

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерных линий на 1...5 мм (рис. 8).

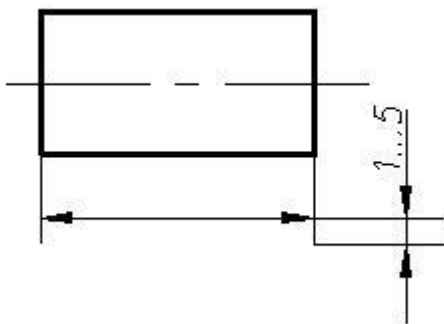


Рис. 8.

Над размерной линией проставляют размерное число, которое всегда указывает истинный размер элемента формы (ребра, грани и т.д.) и наносят его возможно ближе к его середине. Высоту цифр принимают не менее 3,5 мм. Зазор между размерным числом и размерной линией должен быть около 1 мм (рис. 9).

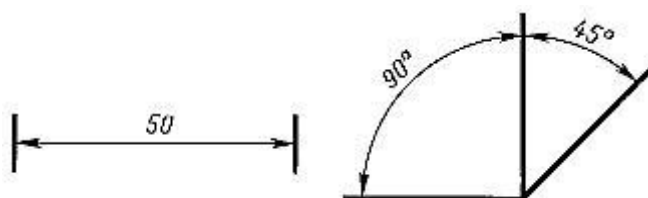


Рис. 9.

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рисунке 10, а, а для угловых – на рисунке 10, б. Для размеров, попавших в заштрихованные зоны, размерные числа наносят на горизонтальных полках **ЛИНИЙ-ВЫНОСОК**.

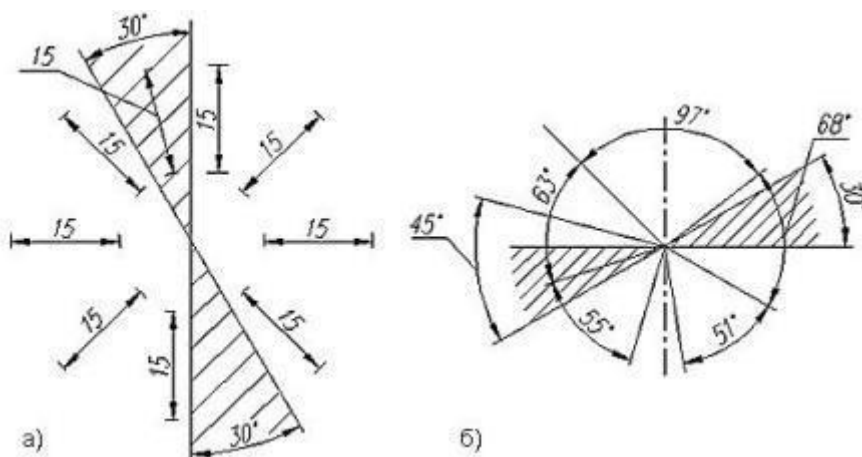


Рис. 10. Нанесение размерных чисел

Размерные линии желательно наносить вне контура изображения, допускается проводить непосредственно к линиям видимого контура, осевым,

центровым и другим линиям. Однако в качестве размерных линий не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии.

Для написания размерного числа, при недостатке места над размерной линией, рекомендуется размеры наносить на продолжении размерной линии, или на полках линий-выносок; если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят снаружи от выносных линий (рис. 11).

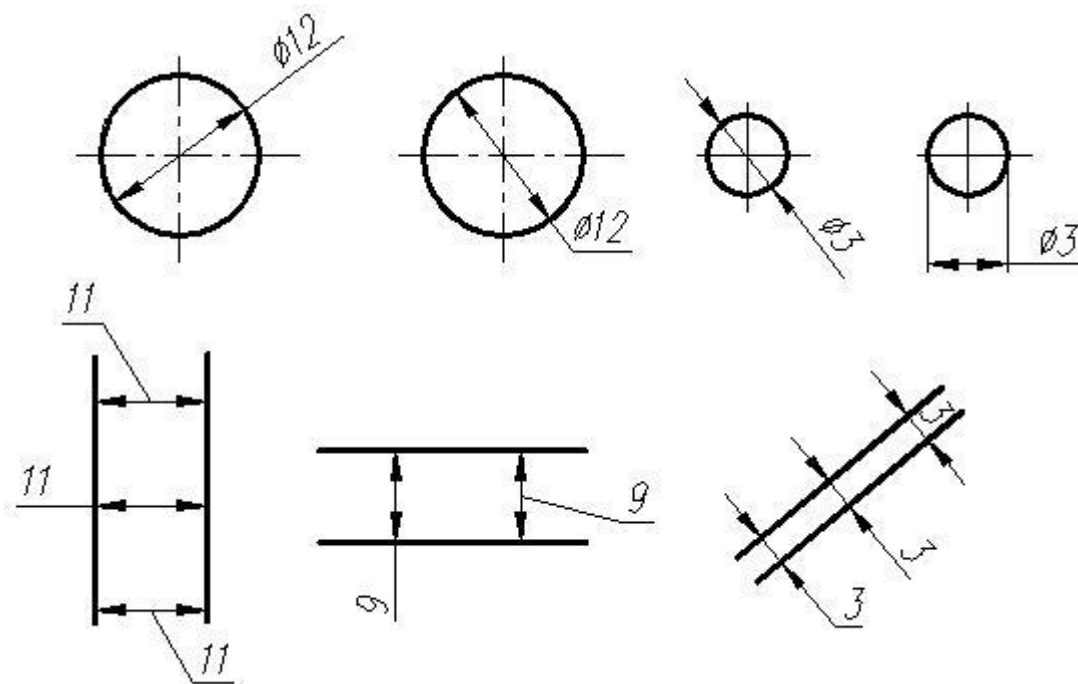


Рис. 11. Нанесение размерных чисел при недостатке места

Размерные числа не допускается разделять или пересекать какими-либо линиями чертежа. Не допускается разрывать линии контура для нанесения размерного числа. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерываются (рис. 12).

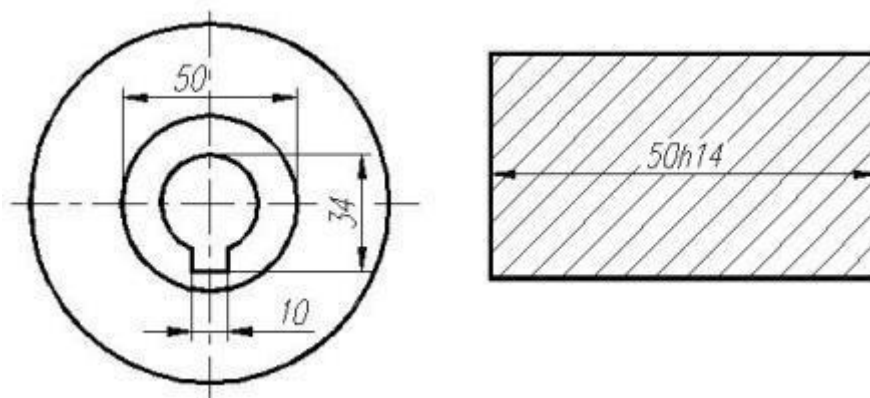


Рис. 12.

Если вид или разрез симметричного предмета или отдельно симметрично расположенных элементов изображаются 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 (рис. 13).

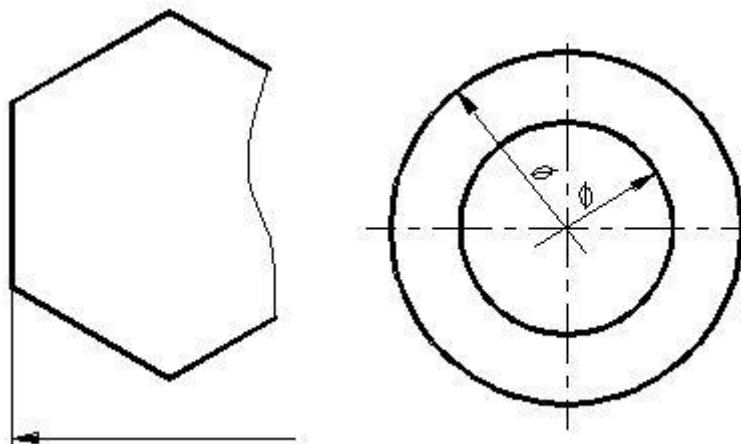


Рис. 13.

При изображении детали с разрывом размерную линию не прерывают (рис. 14).



Рис.14.

Если наносят несколько параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга, то размерные числа над ними следует располагать в шахматном порядке (рис. 15).

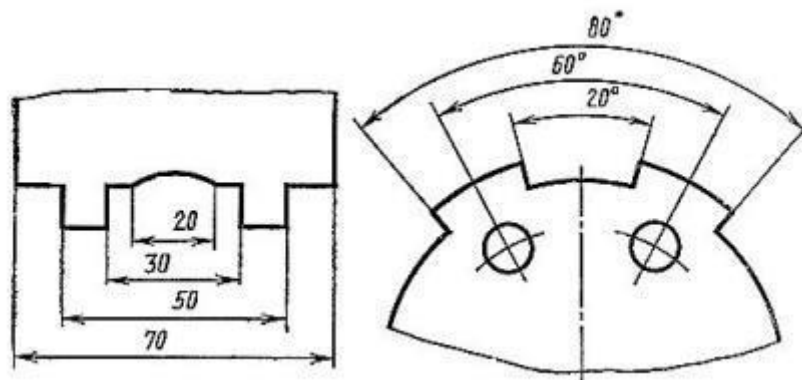


Рис.15

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 (рис.16).

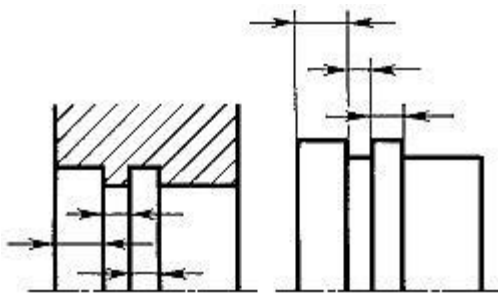


Рис. 16. Нанесение размерных чисел

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис.17,а), или четко наносимыми точками (рис.17, б).

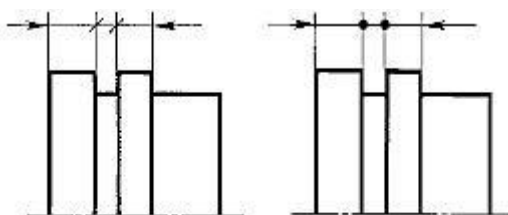


Рис.17.

При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (рис.18).

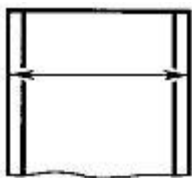


Рис. 18.

Нанесение размеров дуг окружностей

Проставляя размеры формы дуг окружностей, размерную линию проводят concentрично дуге, выносные линии – параллельно биссектрисе угла, над размерным числом ставят знак дуги. Размерное число показывает длину дуги (рис. 19).

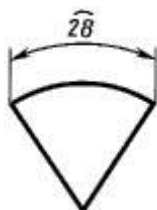


Рис. 19. Нанесение размеров дуги

При нанесении радиуса дуги окружности перед размерным числом радиуса пишут букву R. Высоты знака радиуса и размерного числа должны быть одинаковыми. Размерную линию проводят по направлению к центру и ограничивают одной стрелкой, упирающейся в дугу (рис. 20). Стрелки не должны пересекать линию видимого контура.

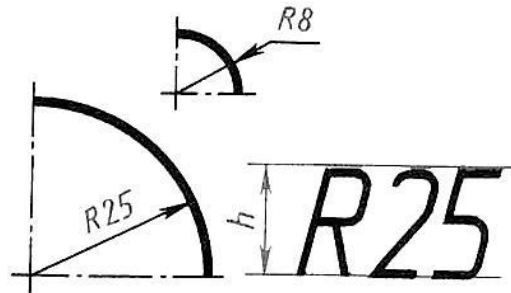


Рис.20.

При проведении нескольких радиусов из одного центра их размерные линии не располагают на одной прямой (рис. 21)

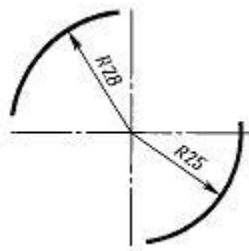


Рис. 21.

Размеры радиусов наружных и внутренних округлений наносят, как показано на рис.22.

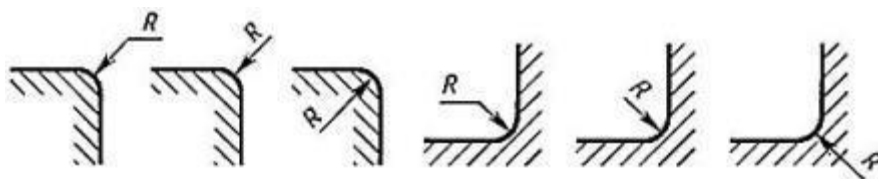


Рис. 22.

Радиусы скруглений, размеры которых в масштабе чертежа 1 мм и менее, на чертеже не изображаются и размеры их наносят (см рис. 23). Размеры одинаковых радиусов указывают на общей полке.

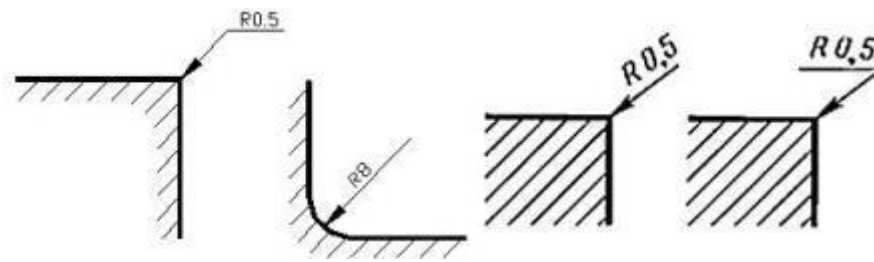


Рис. 23.

Нанесение размеров окружностей

ГОСТ допускает большое разнообразие в постановке размеров цилиндрических, конических и сферических поверхностей в тех случаях, когда они изображаются окружностями. Нанесение размеров обусловлено диаметром изображаемой окружности.

При нанесении размеров окружностей перед размерным числом ставят знак диаметра – \varnothing (см. рис. 24). Высота знака диаметра соответствует высоте размерного числа, наклон прямолинейного элемента знака диаметра составляет угол 60° с горизонтальной прямой.

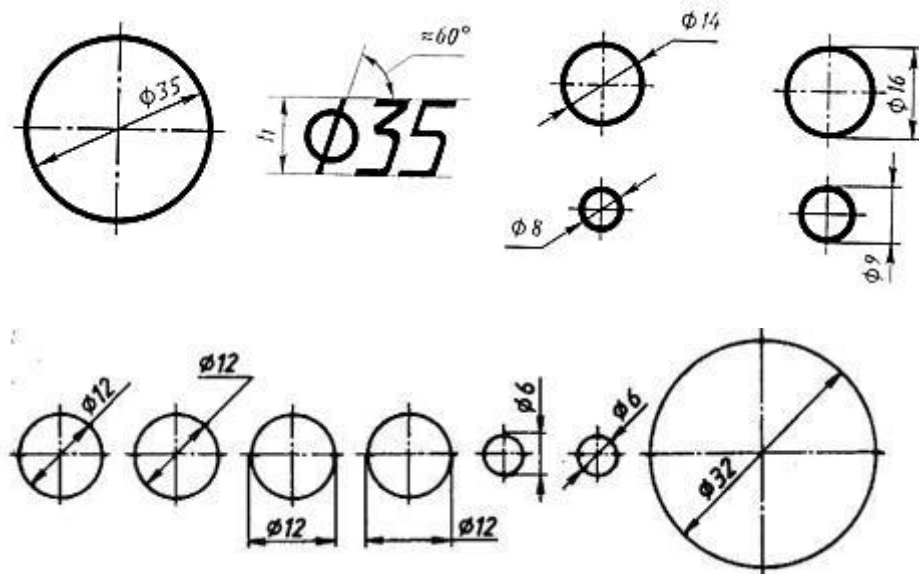
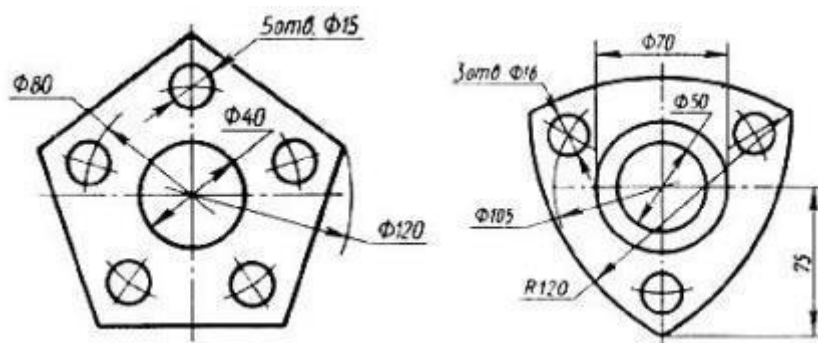


Рис. 24. Постановка малых и больших диаметров окружностей

Если на детали имеются несколько одинаковых по размеру отверстий, то достаточно размер нанести один раз с указанием количества одинаковых элементов.



Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы также наносят знак \emptyset (R) без надписи «Сфера» (рис.25). Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово «Сфера» или знак \circ , например, «Сфера $\emptyset 18$, $\circ R 12$ ».

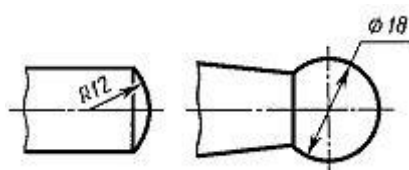


Рис. 25. Постановка размеров сферы.

Нанесение размеров углов

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии радиально, т. е. на продолжении сторон угла (рис. 26). Угловые размеры указывают в градусах, минутах, секундах с обозначением единиц измерения.

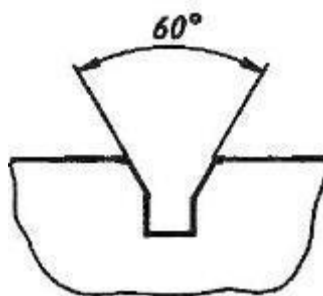


Рис.26. Нанесение угловых размеров

Нанесение размеров квадратных элементов

Размеры квадрата наносят, как показано на рисунке 27. Высота знака квадрата \square равна высоте размерных чисел на чертеже.

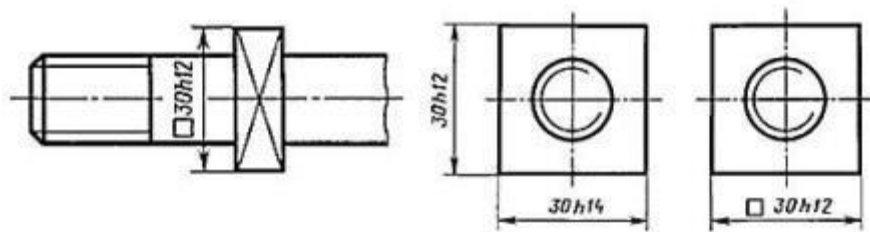


Рис. 27. Нанесение размера квадрата

Нанесение размеров толщины и длины детали

Размеры толщины и длины детали, форма которой задана одним видом, наносят, как показано на рис. 28.

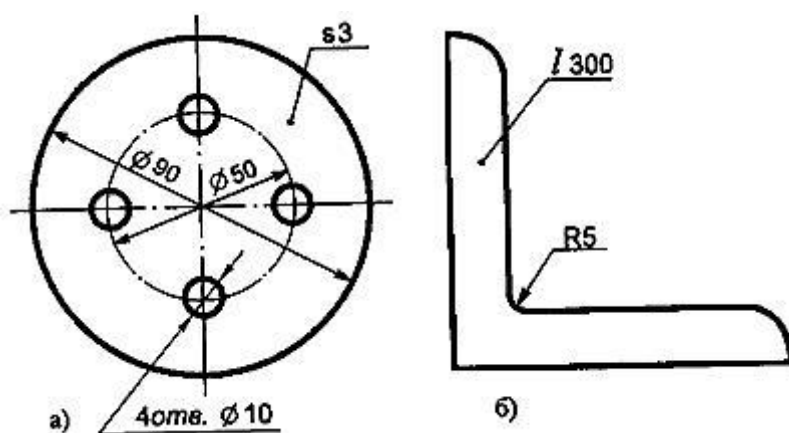


Рис. 28. Нанесение толщины и длины детали

Перед числом, указывающим толщину детали, наносят букву **S**, а перед числом, указывающим длину детали, – букву **L**.

Группировка размеров

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т. п.), группируют в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис.29).

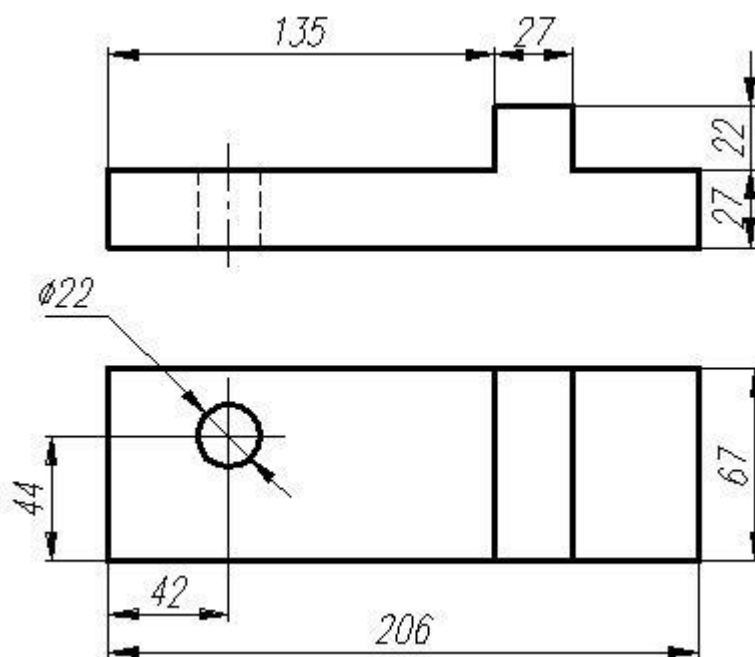


Рис. 29. Нанесение размеров

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

Габаритными размерами определяются предельные величины внешних очертаний изделий. За габаритные размеры принимают длину, ширину, высоту изделия. Эти размеры всегда больше других, поэтому на чертеже их располагают дальше от изображения, чем остальные.

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называют справочными. Справочные размеры на чертеже отличают знаком *, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

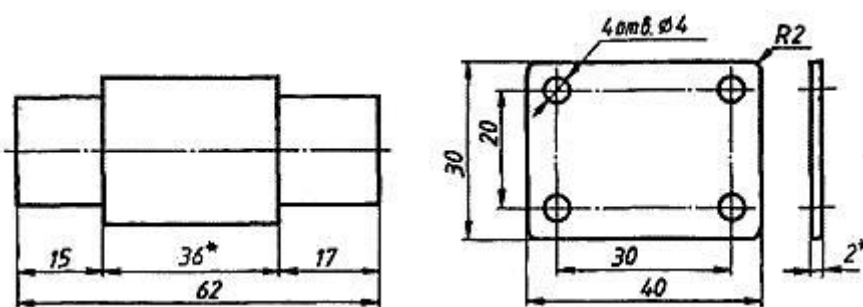


Рис. 30. Справочные размеры.

Размеры не допускается наносить на чертежах в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный.

Следует избегать пересечения размерных линий с другими размерными и выносными.

Последовательность нанесения размеров

Размеры ставятся в следующей последовательности:

1. Поэлементные размеры – размеры каждой поверхности, входящей в данную деталь. Эти размеры ставятся на том изображении, где эта поверхность лучше читается.
2. Координирующие размеры – размеры привязки центров одних элементов к другим, межосевые, межцентровые.
3. Габаритные размеры – общая высота, длина и ширина изделий. Эти размеры располагаются дальше всего от контура детали.

Размеры на чертежах проставляют с учетом возможного технологического процесса изготовления детали и удобства контроля ее геометрических параметров. Размеры наносят, начиная от базовых поверхностей или осей симметрии. В процессе изготовления и контроля детали именно от них производится обмер формы. Размеры наносят таким образом, чтобы обеспечить достаточную точность и удобство изготовления, измерения и контроля детали без каких-либо дополнительных подсчетов размеров.

Масштабы

В практике приходится вычерчивать очень крупные детали, как, например, детали самолета, корабля, автомашины, и очень мелкие: детали часового механизма, некоторых приборов и т.д. Крупные детали не поместятся на чертеже стандартного формата, если не уменьшить их изображение. Мелкие детали, которые порой еле заметны простым глазом, невозможно вычертить в натуральную, т. е. истинную, величину имеющимися чертежными инструментами. Поэтому в черчении изображения больших деталей уменьшают, а малых увеличивают по сравнению с действительными размерами.

Предпочтительно выполнять чертежи так, чтобы размеры изображения и самого предмета были равны, т.е. в масштабе 1:1. Однако, в зависимости от величины и сложности предмета, а также от вида чертежа часто приходится размеры изображения увеличивать или уменьшать по сравнению с истинными. В этих случаях прибегают к построению изображения в масштабе.

Масштаб – это отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре (рис. 31).

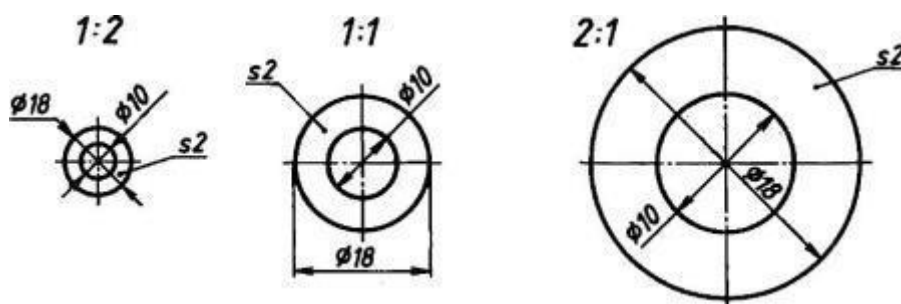


Рис.31.

[ГОСТ 2.302-68](#) устанавливает масштабы для всех отраслей промышленности и строительства и не распространяется на чертежи, полученные фотографированием, а также на иллюстрации в печатных изданиях и т.п.

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из [следующего ряда](#):

Не предусмотренные стандартом масштабы не применяют. В необходимых случаях допускается применять масштабы увеличения $(100n):1$, где n – целое число.

Независимо от выбранного масштаба размерные числа на чертеже должны соответствовать натуральным размерам изделия.

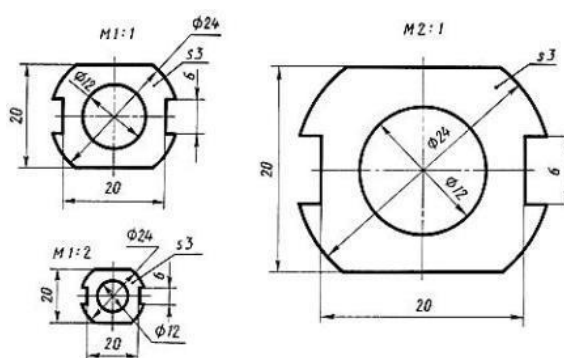


Рис. 32.

При выборе масштаба следует руководствоваться, прежде всего, удобством пользования чертежом.

Масштаб, указываемый в графе, имеющей заголовок «Масштаб» (в основной надписи, в таблицах), обозначают по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т. д. Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают в скобках (без буквы М) на поле чертежа рядом с обозначением изображения. Например: А (2:1); Б – Б (2:1).

Способы проецирования

Изображения на чертеже выполняют по правилам проецирования. **Проецированием** называется процесс получения изображения предмета на плоскости – бумаге, экране, классной доске и т. д. Получившееся при этом изображение называют **проекцией**.

«Проекция» — слово латинское. В переводе на русский язык оно означает «бросать (отбрасывать) вперед».

В основе правил построения изображений на чертеже лежит метод проекций. **Метод проекций** - отображение геометрической фигуры на плоскость путем проецирования ее (фигуры) точек.

Чтобы построить изображение предмета по методу проекций, необходимо через точки на предмете (например, через его вершины) провести воображаемые лучи до встречи их с плоскостью. Лучи, которые проецируют предмет на плоскость, называются **проецирующими**.

Плоскость, на которой получается изображение предмета, называется **плоскостью проекции**.

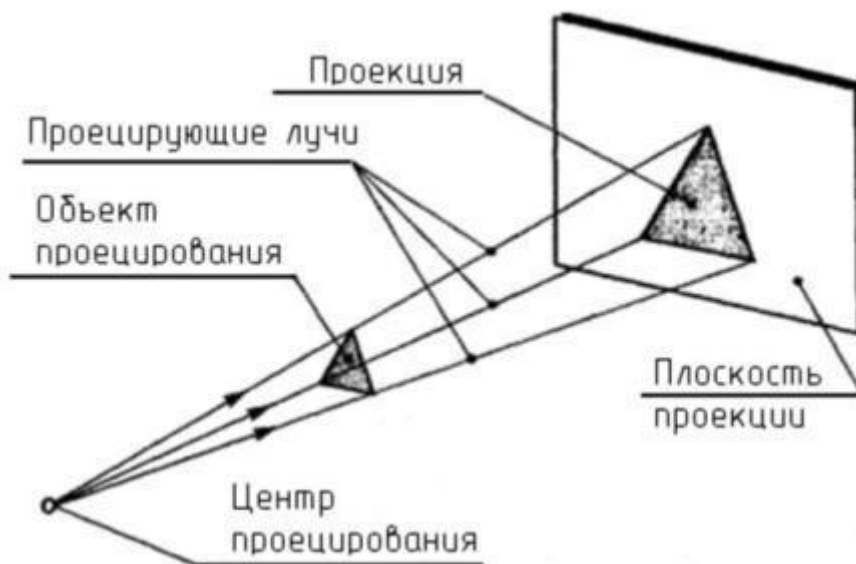


Рис. 1. Понятия проецирования.

Способы изображения предметов отличаются друг от друга, как методами проецирования, так и условиями их построения. Одни способы дают более наглядное изображение, нетрудны для построения, другие менее наглядны, но зато более просты для построения.

Чтобы выяснить, что представляет собой метод проекций, обратимся к примерам.

Поместим перед электрической лампочкой какой-нибудь предмет. Тень, полученную на стене, можно принять за проекцию предмета. Положите на бумагу какой-нибудь плоский предмет и обведите его карандашом. Вы получите изображение, соответствующее проекции этого предмета.

Посмотрим процесс получения проекций геометрических фигур, из которых состоят дорожные знаки (рис. 2, 5, 8). Для построения изображений этих геометрических фигур использован метод проекций.

На рисунке 2,б проекцией точки **A** будет точка **a**, т.е. точка пересечения проецирующего луча **Oa** с плоскостью проекций. Проекцией точки **B** будет точка **b** и т. д. Если теперь соединить на плоскости эти точки прямыми линиями, то мы получим проекцию изображаемой фигуры, например треугольника.

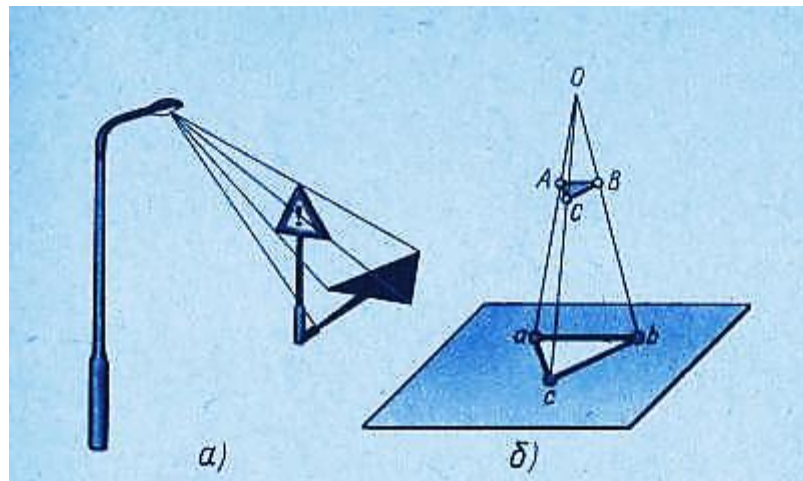


Рис. 2. Центральное проецирование

На изображениях точки в натуре, т.е. *точки на предмете*, будем обозначать большими (*прописными*) буквами латинского алфавита. *Проекции* этих точек на плоскость обозначают теми же, но малыми (*строчными*) буквами.

Рассмотренный пример построения изображений составляют сущность **метода проекций**.

Если проецирующие лучи, с помощью которых строится изображение предмета, расходятся из одной точки, проецирование называется **центральным** (рис. 2). Точка, из которой выходят лучи (O), называется **центром проецирования**. Полученное при этом изображение предмета называется **центральной проекцией**.

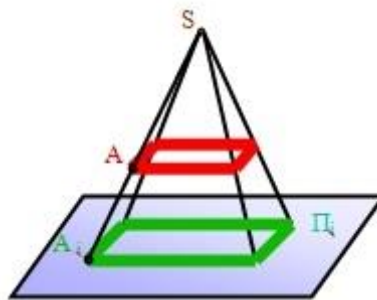


Рис. 3. Центральное проецирование на плоскости.

Величина проекции зависит от положения предмета по отношению к картинной плоскости, а также от расстояния его до этой плоскости и до центра проецирования. На рис. 3, а предмет расположен *между центром O и картинной плоскостью K* и поэтому его изображение получается увеличенным. Если предмет расположить *за плоскостью K* (рис. 3, б), то изображение получится уменьшенным.

Центральные проекции часто называют **перспективой**. Взаимно параллельные линии предмета, не параллельные картинной плоскости, проецируются как группа линий, сходящихся в одной точке (рис. 4).

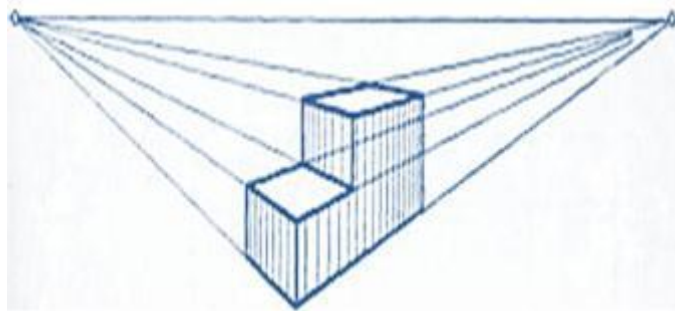


Рис. 4. Перспектива

Проекции каждой группы параллельных линий имеют свою точку схода O_1 и O_2 . Точки схода проекций всех групп параллельных линий расположены на одной прямой, называемой линией горизонта. Предмет, изображенный на рис. 4, расположен по отношению к картинной плоскости так, что ни одна из его граней не параллельна этой плоскости. Такую центральную проекцию называют **угловой перспективой**.

Изображение, полученное методом центрального проецирования, сходно с фотографией, так как оно получается примерно таким, каким его видит глаз человека. Также примерами центральной проекции являются кинокадры, тени, отброшенные от предмета лучами электрической лампочки, и др. Метод центрального проецирования используется в архитектуре, строительстве, а также в академическом рисовании – рисовании с натуры.

Если проецирующие лучи параллельны друг другу, то проецирование называется **параллельным**, а полученное изображение – **параллельной проекцией**. Примером параллельной проекции являются солнечные тени (рис. 5, 8).

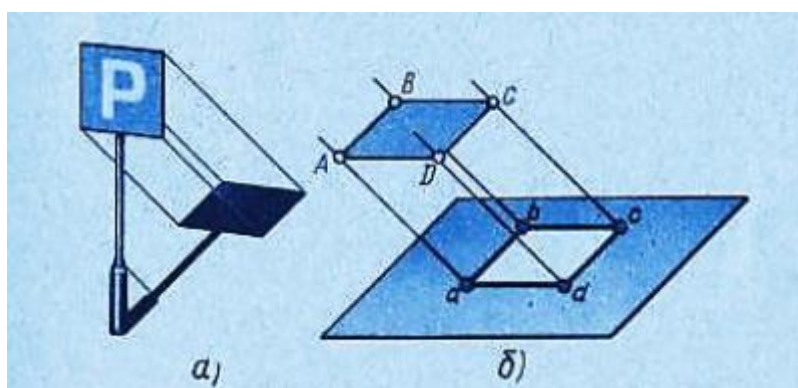


Рис. 5. Параллельное проецирование

При параллельном проецировании все лучи падают на плоскость проекций под одним и тем же углом.

Если это любой угол, отличный от прямого, то проецирование называется **косоугольным** (рис. 6). В косоугольной проекции, как и в центральной, форма и величина предмета искажаются. Однако строить предмет в параллельной косоугольной проекции проще, чем в центральной.

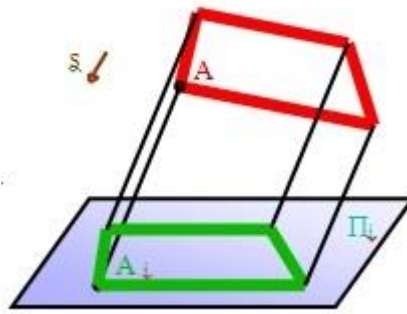


Рис. 6. Параллельное косоугольное проецирование на плоскости.

В техническом черчении такие проекции используют для построения *наглядных изображений* (рис.7).

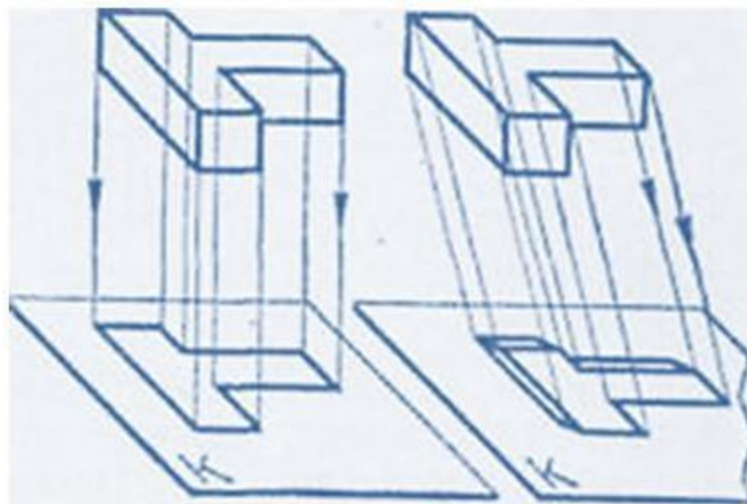


Рис. 7. Процесс получения наглядного изображения.

В том случае, когда проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций (рис. 8), т. ё. составляют с ней угол в 90° . проецирование называют **прямоугольным**. Полученное при этом изображение называется **прямоугольной проекцией предмета**.

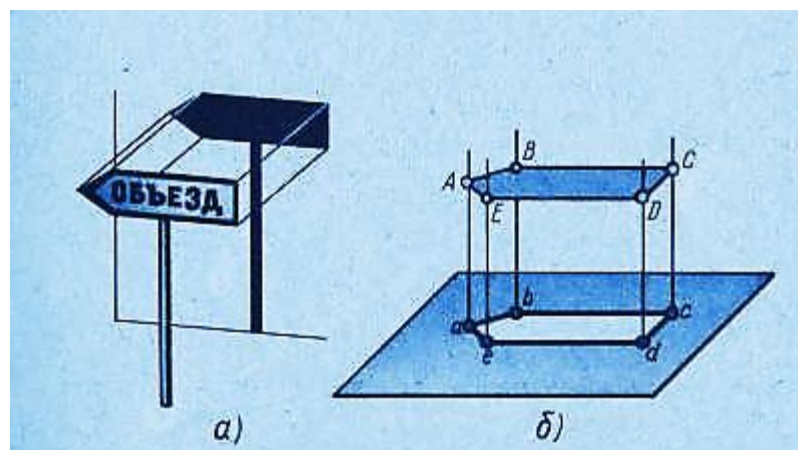


Рис. 8. Параллельное прямоугольное проецирование.

Проекционное черчение имеет большое значение для развития пространственного представления, без которого невозможно сознательно читать чертежи и тем более выполнять их (рис 9).

Прямоугольные проекции называют также **ортогональными**. Слово "ортогональный" происходит от греческих слов "orthos" - прямой и "gonia" - угол.

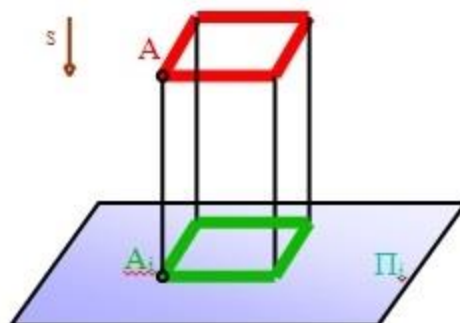


Рис. 9. Параллельное прямоугольное проецирование на плоскости

Способ прямоугольного проецирования является *основным* в черчении. Он используется для построения изображений на чертежах и наглядных изображений предметов, так как они достаточно наглядны и выполнять их проще, чем центральные.

Чертежи в системе прямоугольных проекций дают достаточно полные сведения о форме и размерах предмета, так как предмет изображается с нескольких сторон.

Метод Монжа

Метод прямоугольного проецирования на две взаимно перпендикулярные плоскости был разработан французским ученым-геометром Гаспаром Монжем в конце XVIII века. Поэтому такой метод иногда называют методом Монжа.

Г. Монж положил начало развитию новой науки об изображении предметов – начертательной геометрии.

Плоскости проекций

Правила изображения предметов, а также расположения этих изображений на чертежах для всех отраслей промышленности и строительства устанавливает [ГОСТ 2.305-68*](#). Изображения предметов должны выполняться по **методу Прямоугольного проецирования**. Изображаемый предмет считается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций.

За **основные плоскости проекций** принимают шесть граней куба, на которые может быть спроецирован любой предмет (рис. 1).

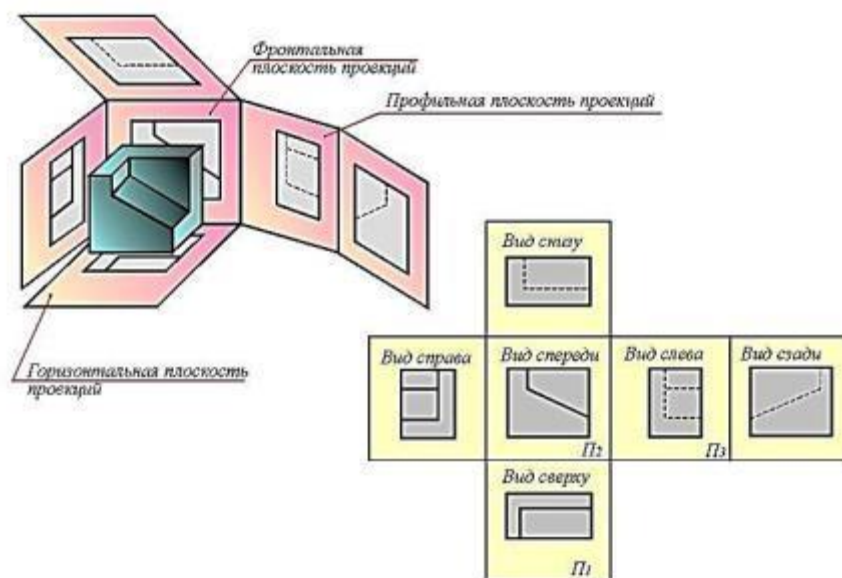


Рис.1. Плоскости проекций

Совмещение этих граней с фронтальной плоскостью обеспечивает получение определенного взаимоположения шести проекций изображаемого предмета. При этом предмет располагают таким образом, чтобы изображение на фронтальной плоскости давало наиболее полное представление о его форме и размерах, и это изображение принимается на чертеже в качестве главного. Остальные проекции располагаются относительно главного изображения так, как показано на рисунке 1.

Рассмотрим проецирование точки **A** на три взаимно перпендикулярные плоскости.

Одну из плоскостей проекций располагают горизонтально. Она называется **горизонтальной** плоскостью проекций и обозначается **H** (латинская буква «аш»). Проекция предмета на эту плоскость называется горизонтальной проекцией.

Вторую плоскость проекций **V** (читаем «вэ») располагают вертикально. Вертикальных плоскостей может быть несколько, поэтому плоскость проекций, расположенную перед зрителем, называют **фронтальной** (от французского слова «фронталь», что означает «лицом к зрителю»). Полученную на эту плоскость проекцию предмета называют фронтальной.

К фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций добавим третью – **профильную** плоскость проекций **W** – («дубль вэ»), которую расположим перпендикулярно к плоскостям **V** и **H**. Используя метод ортогонального проецирования, отобразим точку на трех плоскостях проекций. На профильной плоскости проекций получим изображение, которое будем называть профильной проекцией точки (рис. 2).

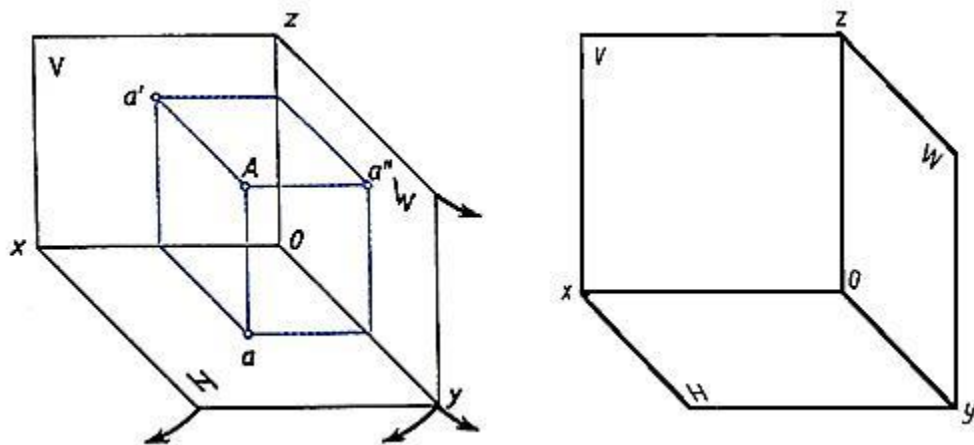


Рис. 2.

Плоскости проекций **H** и **W** разворачивают до совмещения с плоскостью **V**, как показано на рис. 3.

Линии пересечения плоскостей являются осями проекций **ox**, **oy**, **oz** (рис. 3). Обратим внимание на то, что проекции **a'** и **a**, **a'** и **a''**, **a** и **a''** лежат на прямых, называемых линиями проекционной связи (рис. 3б). Такая зависимость в расположении проекции точки называется проекционной связью и при выполнении чертежей должна обязательно соблюдаться. Чертеж, состоящий из нескольких прямоугольных проекций, называется чертежом в системе прямоугольных проекций, или ортогональным чертежом.

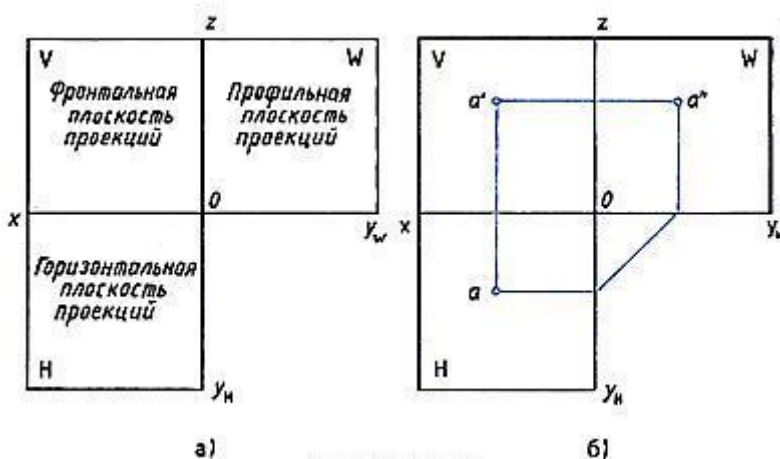


Рис.3

Если мы будем смотреть на человека, то плоскость, расположенная впереди, будет называться **фронтальной**. Если посмотрим на человека слева, то увидим **профильную** плоскость. Плоскость, расположенная параллельно земли (или пола) называется **горизонтальной** (рис.4).



Рис.4.

Виды на чертеже

Изображения предметов на чертежах получают способом прямоугольного проецирования. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба (рис.1, а), грани совмещают с плоскостью, как показано на рис. 1.б. В машиностроительном черчении изображения предметов в ортогональных проекциях называют видами. **Видом** называется изображение, на котором показана обращенная к наблюдателю видимая часть поверхности предмета. В целях уменьшения числа изображений допускается показывать на видах штриховыми линиями невидимые контуры предмета.

Вид спереди или **главный вид** – изображение, полученное на фронтальной плоскости проекций. Это изображение принимается на чертеже за главное.

Когда смотрят на предмет сверху, перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций получают вид сверху. **Вид сверху** – изображение на горизонтальную плоскость проекций.

Если смотреть на предмет слева, под прямым углом к профильной плоскости проекций получают вид слева. **Вид слева** (но не вид сбоку) – изображение, получаемое на профильной плоскости проекций.

Каждый вид занимает на чертеже строго определенное место по отношению к главному виду. Вид слева располагают справа от главного вида и на одном уровне с ним, вид сверху - под главным видом. Нельзя нарушать это правило, располагая виды на произвольных местах без особого обозначения (рис.5).

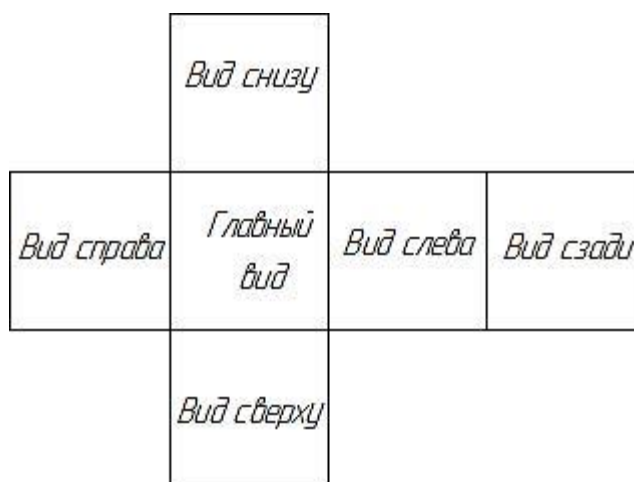


Рис. 5.

[ГОСТ 2.305–68](#) устанавливает названия основных видов, получаемых на основных плоскостях проекций:

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

Основные виды

Зная правило расположения видов можно представить форму предмета по его плоским изображениям. Для этого нужно сопоставить все виды, данные на чертеже и воссоздать в воображении объёмную форму предмета. Наряду с видами спереди, сверху и слева для изображения предмета могут применяться виды справа, снизу, сзади – все они называются **основными**.

Изображение на фронтальной плоскости проекций (рис. 1, 3, 5) принимается на чертеже в качестве главного вида. Предмет располагают относительно этой плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Все виды на чертеже должны по возможности располагаться в проекционной связи, что облегчает чтение чертежа. В этом случае на чертеже не наносятся какие-либо надписи, разъясняющие наименование видов.

Деталь следует располагать таким образом, чтобы главный вид давал наиболее полное представление о форме и размерах. Вопрос о том, какие из основных видов следует применить на чертеже изделия,

должен решаться так, чтобы при наименьшем числе видов в совокупности с другими изображениями чертеж полностью отражал конструкцию изделия. **Количество видов на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для полного выявления формы и размеров предмета.**

Главный вид и другие основные виды должны быть рационально расположены на поле чертежа с учетом нанесения размеров и других обозначений. В целях более рационального использования поля чертежа [ГОСТ 2.305-68](#) допускает располагать виды вне проекционной связи с главным видом на любом месте поля чертежа. Так, например, вид справа может быть расположен не слева от главного вида, а размещен вне проекционной связи с главным видом. В этом случае у связанного с видом изображения наносится стрелка, указывающая направление взгляда (рис.6).



Рис. 6

А над изображением вида наносят обозначение **A**, как на рисунке 7.

Виды обозначаются прописными буквами русского алфавита шрифтом, на 1...2 размера превышающим шрифт размерных чисел.

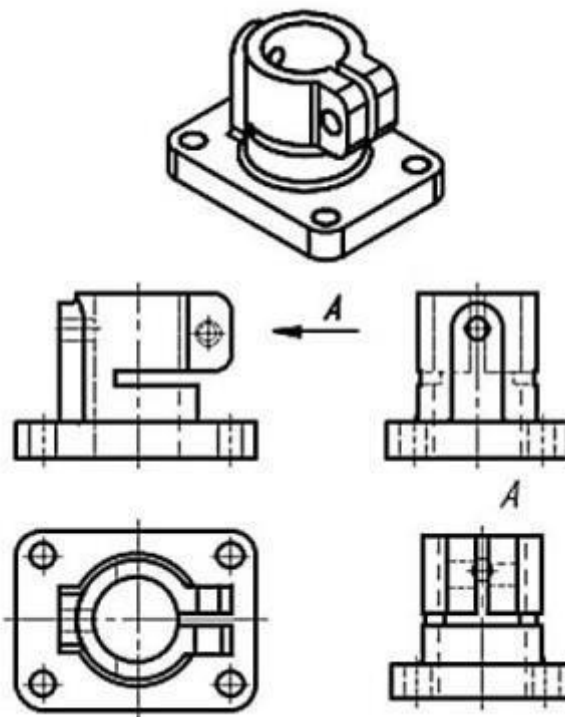


Рис. 7.

На рисунке 7 показана деталь, для которой необходимо выполнить четыре вида. Если эти виды расположить в проекционной связи, то на поле чертежа они займут много места. Если расположить необходимые виды так, как показано на рис. 7. формат чертежа уменьшается, но нарушена проекционная связь, поэтому и нужно выполнить дополнительные обозначения.

Местный вид.

Если при выполнении чертежа требуется выяснить форму или устройство поверхности предмета в отдельном, ограниченном месте, тогда выполняется изображение только этого ограниченного места, и это изображение называется **местным видом**.

Местный вид может быть ограничен **линией обрыва** (рис.8,а) или **не ограничен** (рис.8,б).

Если местный вид выполняется в проекционной связи с другим изображением, то стрелку и буквенное обозначение над местным видом не наносят. Местный вид может быть и не ограничен линией обрыва.

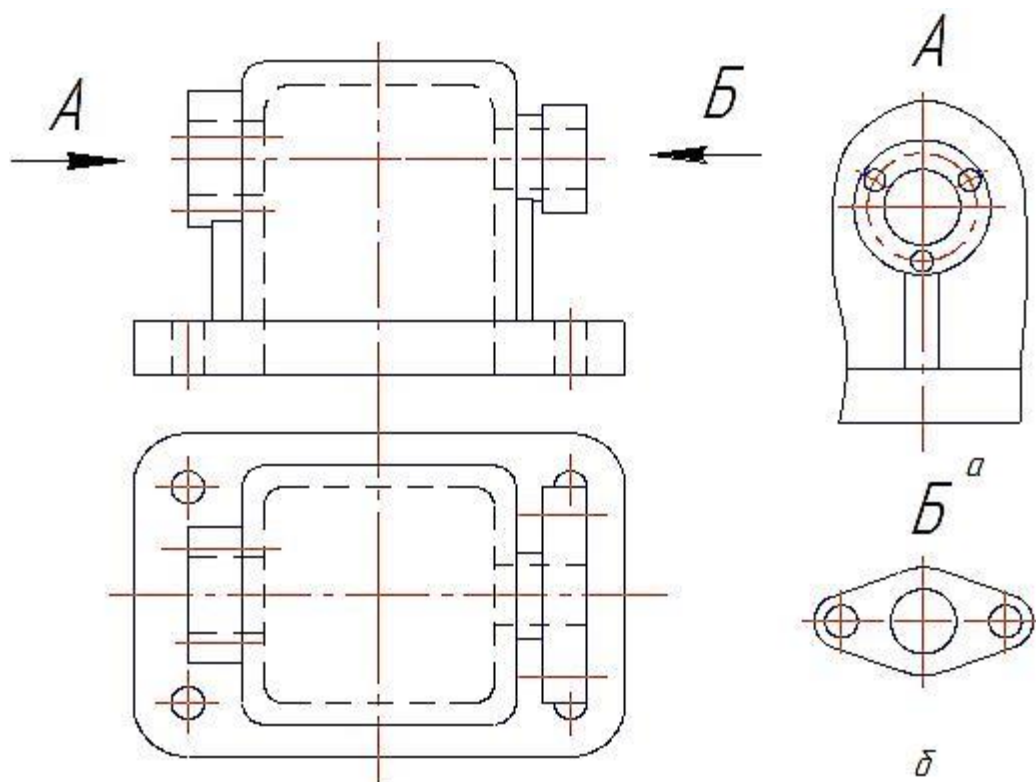


Рис.8

Применение местных видов позволяет уменьшить объем графической работы и экономить место на поле чертежа, обеспечивая полное представление о форме предмета.

В общем случае местные виды оформляются так же, как и основные виды.

Дополнительный вид

Если при выполнении чертежей невозможно какую-либо часть изделия показать на основных видах без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды (рис.9).

Дополнительный вид – изображение видимой части поверхности предмета, получаемой на плоскости, не параллельной ни одной из основных плоскостей проекций.

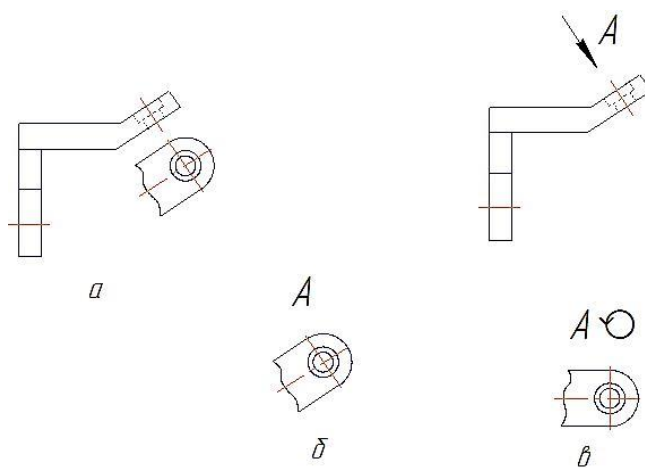


Рис. 9.

Если дополнительный вид выполняется в проекционной связи с соответствующим изображением (рис.9,а), то его не обозначают.

Если изображение дополнительного вида выносится на свободное место, то показывается как на рисунке 9,б. Если нарушается проекционная связь, то направление взгляда указывается стрелкой, расположенной перпендикулярно изображаемой части детали и обозначается буквой русского алфавита, причем буква остается параллельна основной надписи чертежа, а не поворачивается за стрелкой.

При необходимости изображение дополнительного вида можно поворачивать (рис. 9, в), тогда над изображением ставится буква и знак поворота - это окружность 5...6 мм со стрелкой, между створками которой угол 90° (рис.10)



Рис.10.Дополнительный вид чаще всего выполняют как местный.

Разрезы

Разрез – это изображение, полученное при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. Мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают все, что расположено в секущей плоскости и за ней.

Отличие разреза от сечения

Между сечением и разрезом при одной и той же секущей плоскости есть разница, которую видно из сравнения изображений I и II на рис. 2.

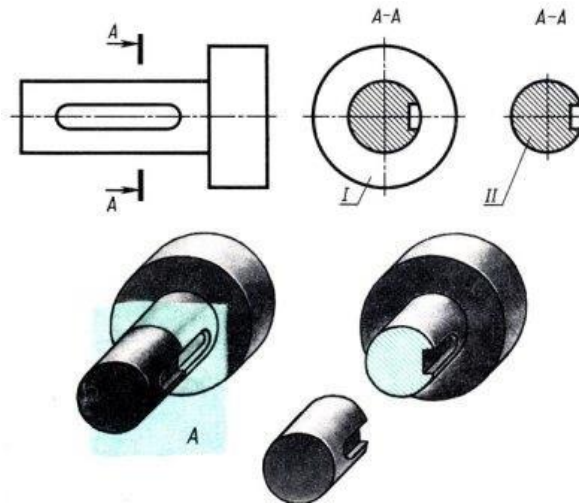


Рис. 2. Различие между сечением и разрезом: I – разрез, II – сечение.

Разрез отличается от сечения тем, что на нём показывают не только то, что находится в секущей плоскости, но и то, что находится за ней.

Классификация разрезов

В зависимости от числа и положения секущих плоскостей различают следующие виды разрезов:



В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы бывают:

а) **простые** – при одной секущей плоскости (рис.3);

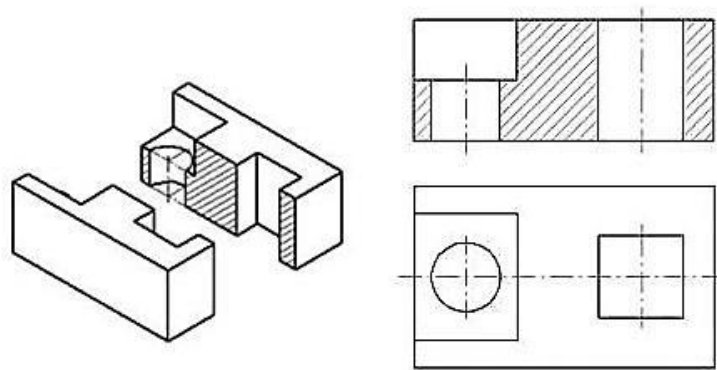


Рис. 3 Простой разрез

б) **сложные** – при двух и более секущих плоскостях (рис.4)

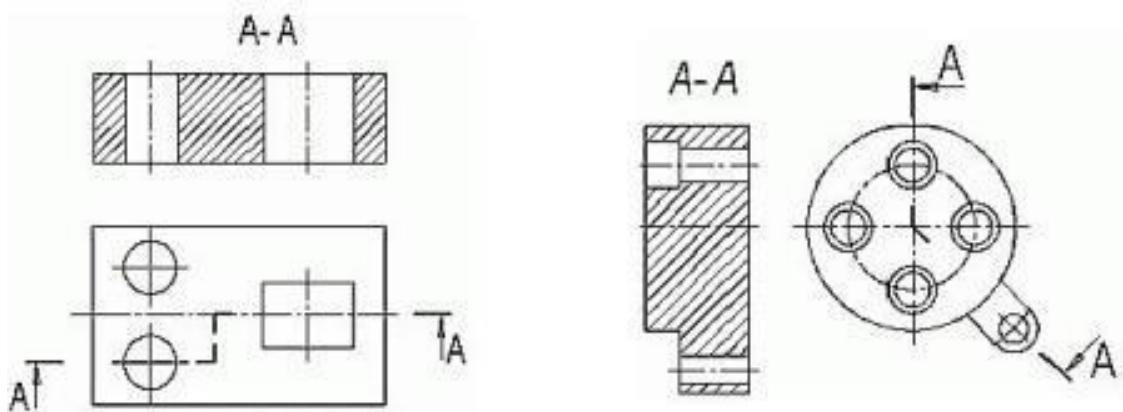


Рис.4. Сложные разрезы.

Простые разрезы подразделяются на:

а) **фронтальные разрезы**, если секущая плоскость перпендикулярна фронтальной плоскости проекций.

На чертеже фронтальный разрез, как правило, располагают на месте главного вида (рис. 5).

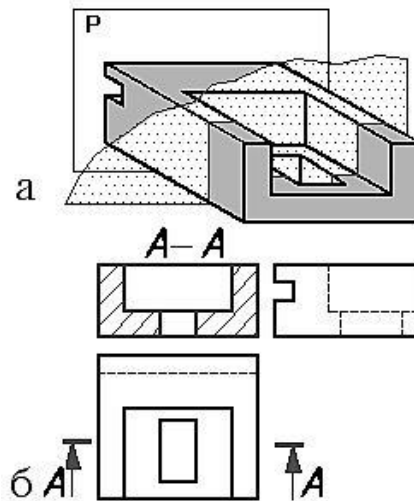


Рис.5. Фронтальный разрез.

б) **горизонтальные разрезы**, если секущая плоскость располагается параллельно горизонтальной плоскости проекций.

Горизонтальный разрез располагают на месте вида сверху (рис. 6), но он может быть и вынесен в любое свободное место чертежа.

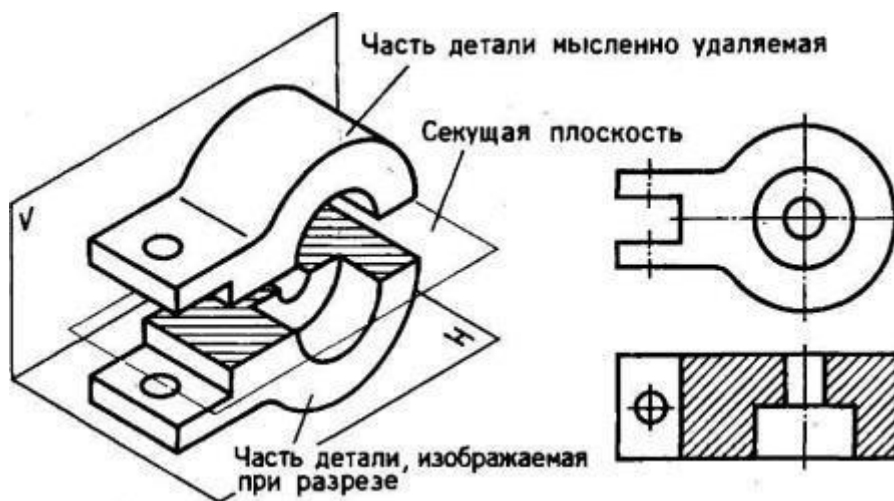


Рис.6. Горизонтальный разрез.

в) **профильные разрезы**, если секущая плоскость перпендикулярна профильной плоскости проекций.

На чертеже профильный разрезы располагают на месте вида слева (рис. 7).



Рис.7. Профильный разрез.

г) **наклонные** – секущая плоскость наклонена к плоскостям проекций, секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого

На чертеже наклонный разрез строят в соответствии с направлением взгляда и располагают, как правило, в проекционной связи (рис.8).

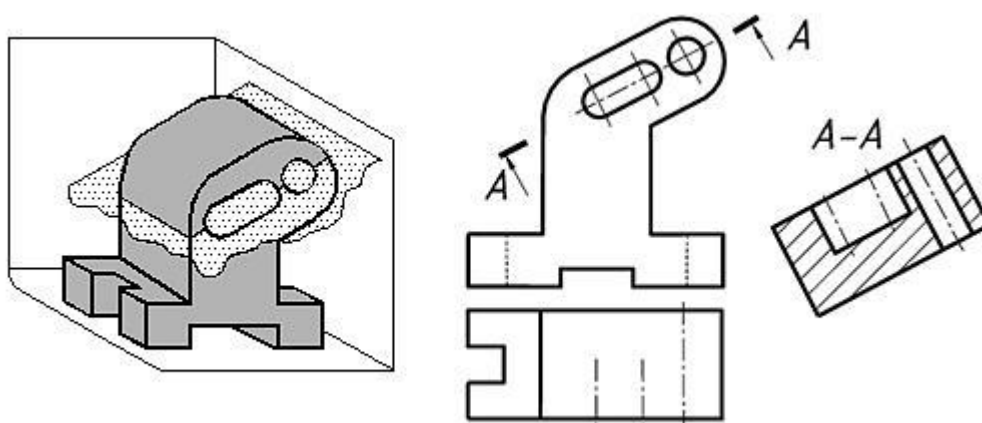


Рис.8. Наклонный разрез.

Наклонные разрезы обозначаются всегда (рис.8) и в соответствии с общими правилами обозначения простых разрезов. При обозначении наклонных разрезов буквы всегда параллельны основной надписи. Допускается располагать наклонный разрез в любом месте поля чертежа, а также поворачивать изображение для удобства построения, для этого используется знак "повернуто" (рис. 9).

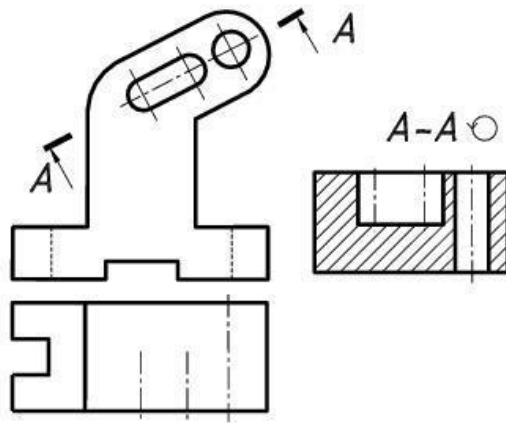


Рис. 9. Повёрнутый наклонный разрез.

д) **местные разрезы** – секущая плоскость частично рассекает предмет, служит для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте.

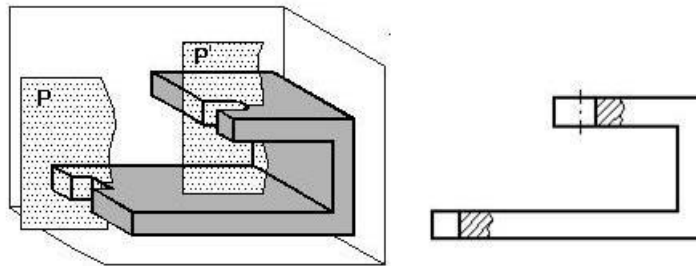


Рис.10. Местный разрез.

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (рис. 11)

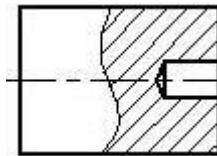


Рис.11. Ограничение местного разреза на чертеже волнистой линией;

или сплошной тонкой линией с изломом (рис.12). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

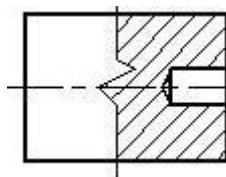


Рис.12. Ограничение местного разреза на чертеже линией с изломом.

Стандартом предусмотрены следующие виды **сложных разрезов**:

ступенчатые, когда секущие плоскости располагаются параллельно (рис.4, а) и **ломаные** – секущие плоскости пересекаются (рис.4, б)

В зависимости от направления рассечения детали разрезы делятся на:

продольные, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета;

поперечные, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета.

Алгоритм выполнения разрезов

Правила выполнения разрезов такие же, как и при выполнении сечений. Чтобы выполнить разрез, необходимо:

1. в нужном месте предмета **мысленно** провести секущую плоскость;

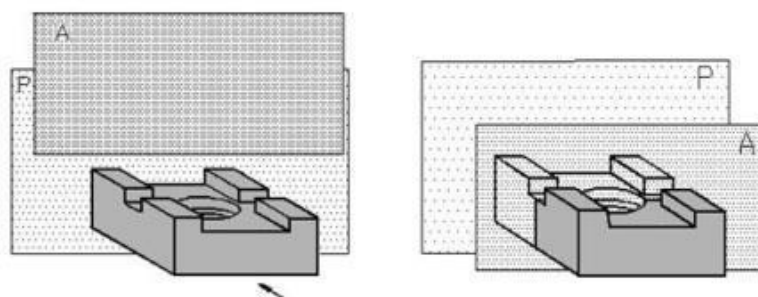


Рис. 13

2. **часть предмета**, находящегося между наблюдателем и секущей плоскостью, **мысленно отбросить**, оставшуюся часть предмета проецировать на соответствующую плоскость проекций, изображение выполнить или на месте соответствующего вида, или на свободном поле чертежа;

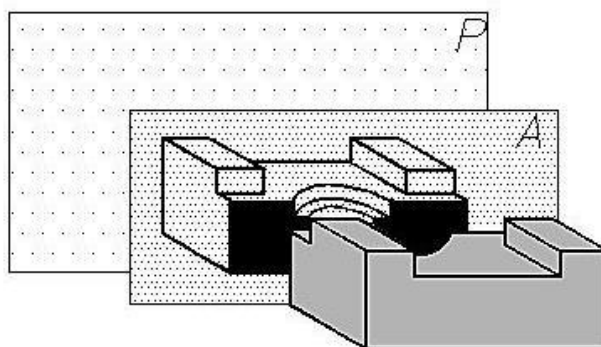


Рис. 14

3. плоскую фигуру, лежащую в **секущей плоскости**, заштриховать;

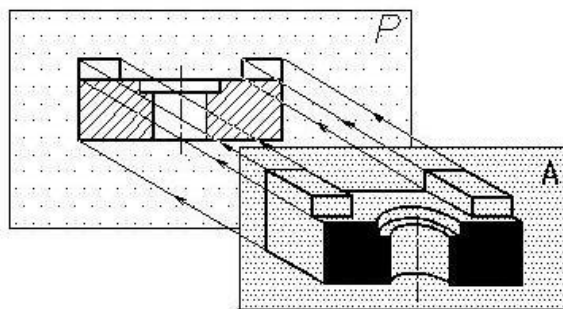


Рис.15

4. при необходимости выполнить **обозначение** разреза.

Обозначение разрезов

Правила обозначения разрезов такие же, как и при обозначении сечений.

Положение **секущей плоскости** указывают разомкнутой **линией сечения**. Начальные и конечные штрихи линии сечения не должны пересекать контур соответствующего изображения. На начальном и конечном штрихах нужно ставить **стрелки**, указывающие направление взгляда. Стрелки должны наноситься на расстоянии 2...3 мм от внешнего конца штриха. При сложном разрезе штрихи разомкнутой линии сечения проводят также у перегибов линии сечения.

Около стрелок, указывающих направление взгляда с внешней стороны угла, образованного стрелкой и штрихом линии сечения, на горизонтальной строке наносят прописные буквы русского алфавита (рис. 2, 4, 8, 9).

Фигура сечения, входящая в разрез, выделяется штриховкой, условно характеризующей материал детали. Правила выполнения и различные варианты штриховки такие же, как и при выполнении сечений (рис.16).

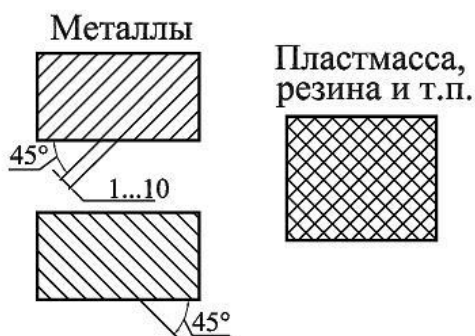


Рис. 16.

Штриховка разрезов, относящихся к одной детали, должна быть одинакова ([ГОСТ 2.306-68 ЕСКД](#)).

Сам разрез должен быть отмечен надписью по типа «А – А» (всегда двумя буквами, через тире).

Фронтальный, горизонтальный и профильный разрезы в общем случае обозначаются, как показано на рис.5 и рис.6.

В случае совпадения секущей плоскости с плоскостью симметрии детали и расположения разреза на месте соответствующего вида разрез не обозначаются (рис. 7).

Простые наклонные разрезы и сложные разрезы обозначают всегда.

Особенности выполнения разрезов

При выполнении разрезов применяют следующие условности:

1. Штриховые линии, которыми изображены невидимые внутренние очертания, обводятся **сплошными** основными линиями, так как они стали видимыми.

2. **Фигура сечения**, входящая в разрез, **заштриховывается**. Штриховка дана только там, где сплошные части детали попали в секущую плоскость.

3. Сплошные основные линии, изображающие элементы детали, находящиеся на части детали, расположенной **перед секущей плоскостью**, не проводят.

4. Мысленное рассечение предмета должно относиться только к данному разрезу и не влечёт за собой изменения других изображений того же предмета.

Местный разрез

Если требуется выяснить устройство предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, можно применить разрез, называемый **местным** (рис.1).

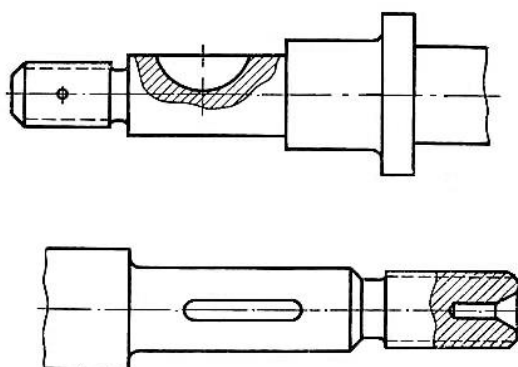


Рис. 1. Местный разрез

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (толщина от $s/2$ до $s/3$, линию проводят от руки), не совпадающей с какими-либо линиями изображения.

Если местный разрез выполняется на части предмета, представляющей собой тело вращения и, следовательно, изображенной с осевой линией, то местный разрез с видом могут разделяться этой осевой линией.

Соединение половины вида и половины разреза

Если изображения внешнего вида и его внутреннего строения имеют **ось симметрии**, то для сокращения графических построений и экономии площади чертежа допускается совмещать половину вида и половину разреза.

На рис. 2.а приведен чертеж детали без разреза, а на рис. 2,б с разрезом.

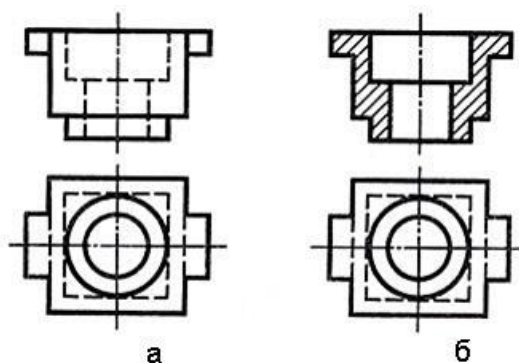


Рис. 2. Чертеж детали без разреза (а) и с разрезом (б).

На рис. 3. даны половина главного вида и половина разреза той же детали. Понятна ли форма отсутствующих половины вида и половины разреза, на месте которых стоят крестики?

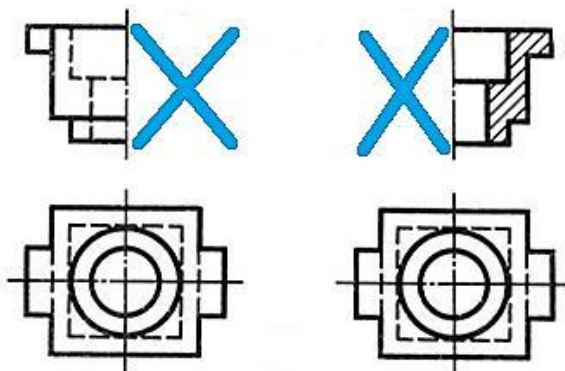


Рис. 3. Половина главного вида и половина разреза той же детали.

Так как и вид, и разрез – фигуры симметричные, то по половине вида можно судить о второй его половине. То же можно сказать и о разрезе. Поэтому рекомендуется, в целях сокращения размера чертежа и времени на его выполнение, соединять половину вида и половину соответствующего разреза при симметричных виде и разрезе. Получается изображение, приведенное на рис. 4.

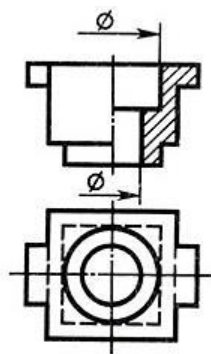


Рис. 4. Соединение половины вида и половины разреза

Границей между половиной вида и половиной разреза служит осевая (штрихпунктирная) линия (рис. 4). На половине вида внутренние очертания детали не показывают; штриховые линии только повторили бы очертания внутреннего контура, выявленные разрезом. Размерные линии для внутренних очертаний предмета, которые изображены лишь до оси симметрии, обрывают, проводя несколько дальше оси; стрелку ставят с одной стороны, а размер наносят полный (см. рис. 4).

При этом разрез должен располагаться правее или ниже оси симметрии, разделяющей половину вида с половиной разреза (рис. 5).

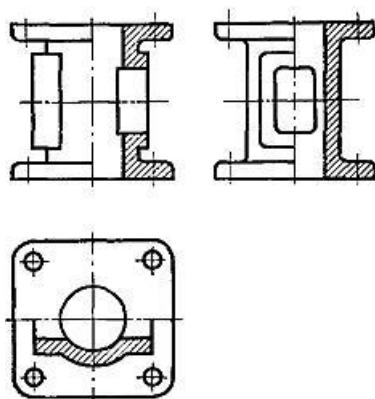


Рис. 5. Расположение разреза на чертеже.

Допускается разделение вида и разреза осевой (штрихпунктирной) линией при разрезании части предмета, представляющее собой тело вращения (рис. 6).

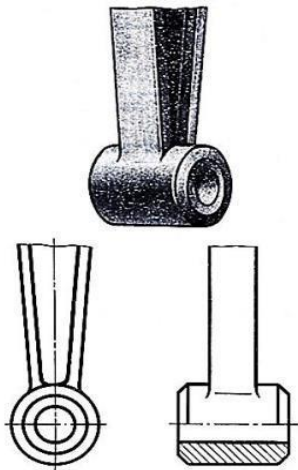


Рис.6. Выполнение разреза предмета, части которого симметричная фигура.

Соединение части вида и части разреза

Не для всех симметричных изображений можно применять соединение половины вида и половины разреза. Детали (рис. 7), имеют элементы (квадратное отверстие, поверхность в виде шестиугольной призмы), ребра которых совпадают с осью симметрии. Если соединить половину вида и половину разреза, границей между которыми является осевая (штрихпунктирная) линия, то ребра, совпадающие с ней, не изобразятся. В таких случаях показывают часть вида и часть разреза (см. рис. 7). Волнистую линию, разделяющую часть вида и часть разреза, проводят так, чтобы было показано ребро. Если ребро, совпадающее с осью симметрии, расположено в отверстии, то показывают больше половины разреза (рис. 7, а). Если ребро расположено на наружной поверхности, то показывают больше половины вида (рис. 7, б).

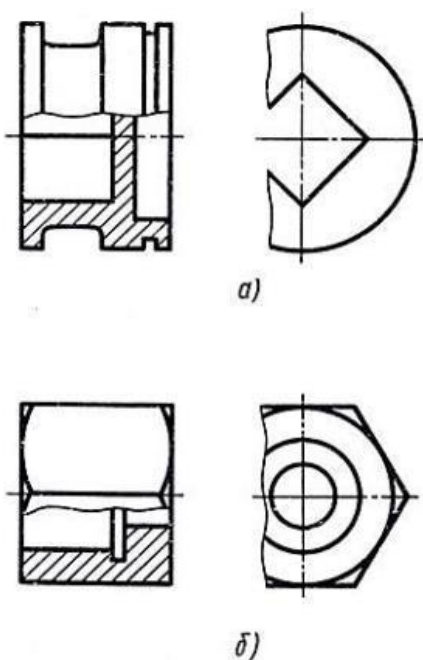


Рис. 7. Соединение части вида и части разреза при совпадении проекции ребра с осью симметрии

Примеры выполнения других деталей с соединением части вида и части разреза показаны на рисунках 8 и 9.

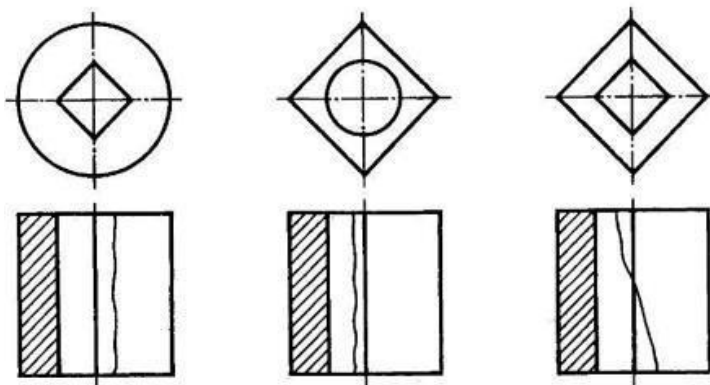


Рис. 8. Соединение частей вида и разреза

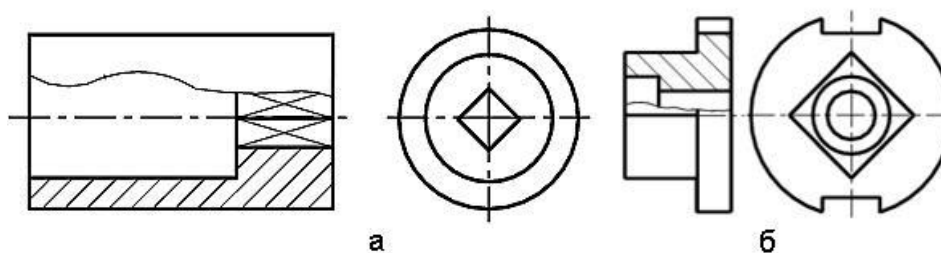


Рис.9. Наложение оси симметрии на линию контура: а) разреза; б) вида.

Если форму детали отобразить только видами спереди и сверху, то не будет определено внутреннее устройство детали и глубина выемки. Если выполнить фронтальный разрез и вид сверху детали, то невозможно будет уяснить высоту элемента верхней части детали (рис. 10).

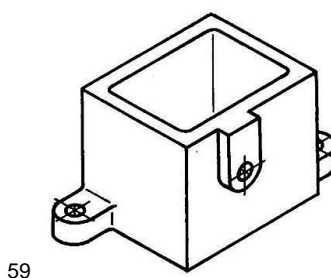


Рис.10.АксонOMETрическая проекция детали

Если дать полный фронтальный разрез (рис. 11), то по одному виду сверху нельзя будет судить о форме и высоте верхнего ушка.

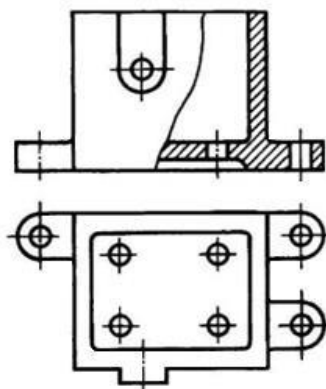


Рис.11. Соединение вида и разреза

Этот элемент на фронтальном разрезе не будет показан. Чтобы иметь полное представление о форме детали, целесообразно соединить часть вида и часть разреза. Разделяют их тоже сплошной волнистой линией. Данный пример характеризует рациональный способ построения чертежа.

Тонкие стенки в разрезе

При выполнении разрезов некоторых деталей необходимо соблюдать особые правила, которые приведены ниже.

1. Если секущая плоскость направлена вдоль тонкой стенки типа ребра жесткости, то стенку не заштриховывают и отделяют сплошной толстой – основной линией.

На рис. 1 изображена деталь с ребрами жесткости.

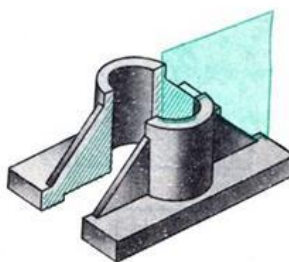


Рис. 1. Деталь с ребрами жесткости.

На рис. 2 показан фронтальный разрез (секущая плоскость прошла вдоль ребер) – на разрезе тонкие стенки не заштрихованы, хотя и рассечены секущей плоскостью.

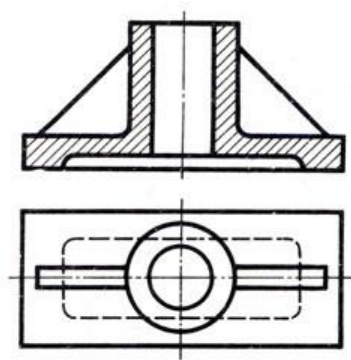


Рис. 2. Построение разреза вдоль тонкого ребра

Если же заштриховать тонкие ребра, как это сделано на рис. 3, то деталь будет казаться сплошной, массивной, а радиус скругления не выявится.

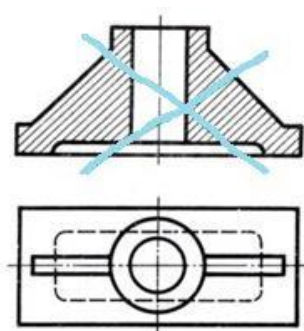


Рис. 3. Неправильное построение разреза вдоль тонкого ребра.

Сечения

Сечение — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета секущей плоскостью.

Образование сечения

Деталь мысленно рассекают секущей плоскостью в том месте, где необходимо уточнить форму изделия. В секущей плоскости получают фигуру сечения (рис.2).

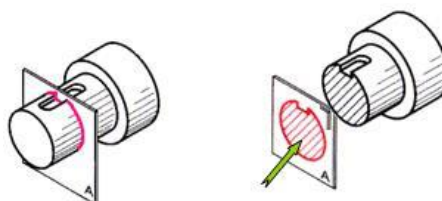


Рис. 2. Образование сечения

Изображение сечения

После этого секущую плоскость (вместе с фигурой сечения) мысленно вынимают, поворачивают вокруг вертикальной оси, перемещают параллельно плоскости проекций и совмещают с фронтальной плоскостью так, чтобы изображения вида спереди и фигуры сечения не заслоняли друг друга. В сечении показывается только то, что находится в секущей плоскости.

Расположение сечений

В зависимости от расположения на чертеже сечения разделяют на:

□□□□□□□□а) **вынесенные**, когда сечения располагают в любом месте чертежа;

б) **наложенные**, когда их располагают непосредственно на виде предмета;

□□□□□□□□в) **в разрыве** - располагают в разрыве изображения.

Вынесенное и наложенное сечение показано на рис.3.

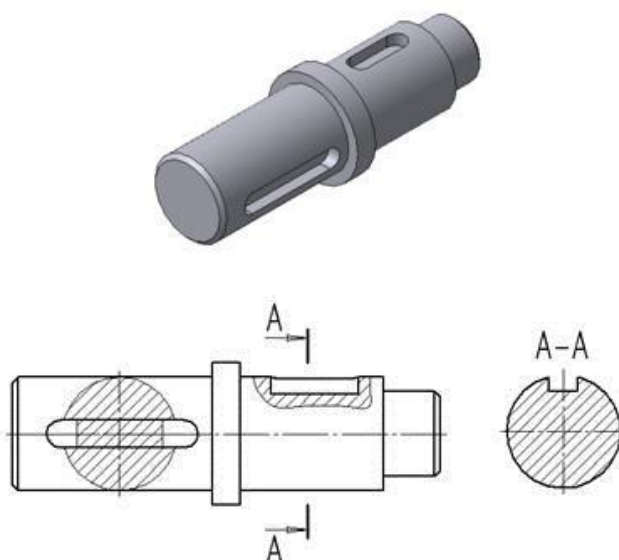


Рис.3. Построение сечений

Вынесенное сечение можно выполнять двумя способами:

1. если вид спереди находится в проекционной связи с сечением, то полученное изображение фигуры сечения называют сечением, выполненным **в проекционной связи** (рис.4).

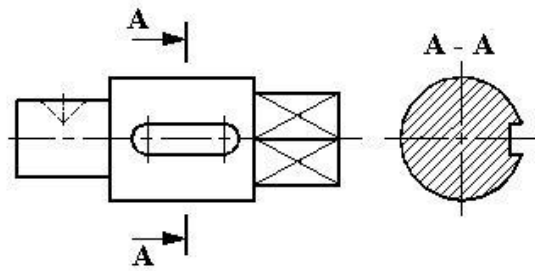


Рис. 4. Сечение, выполненное в проекционной связи.

- секущую плоскость с фигурой сечения допускается перемещать в произвольном направлении, совмещая ее с плоскостью проекций, без учета проекционной связи. Такое сечение называется сечением, выполненным **на свободном месте чертежа** (рис. 5).

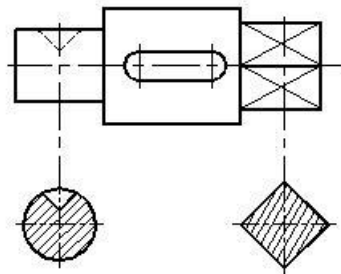


Рис. 5. Сечение, выполненное на свободном месте чертежа.

Обозначение сечений

[ГОСТ 2.305–68](#) устанавливает правила изображения и обозначения сечений.

При **вынесенном сечении** положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения – **разомкнутой линией**, которая проводится в виде отдельных штрихов, не пересекающих контур соответствующего изображения. Толщина штрихов берётся в пределах от S до $1,5 S$, а длина их от 8 до 20 мм. На начальном и конечном штрихах перпендикулярно им, на расстоянии 2–3 мм от конца штриха, ставят **стрелки**, указывающие направление взгляда (рис. 6).

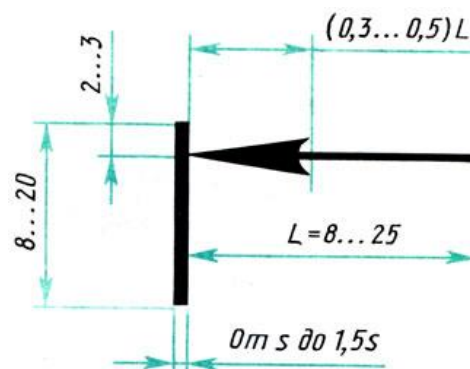


Рис. 6. Взаимное расположение штрихов разомкнутой линии и стрелок

У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же прописную **букву русского алфавита**. Буквенные обозначения присваиваются в алфавитном порядке без повторений и без пропусков, за исключением букв И, О, Х, Ъ, Ы, Ь (рис. 4). Если для выявления формы деталей требуется выполнить несколько сечений, тогда проводят несколько разомкнутых линий, которые на чертеже продолжают обозначать следующими буквами русского алфавита (Б, В, Г и т.д.) (рис. 7).

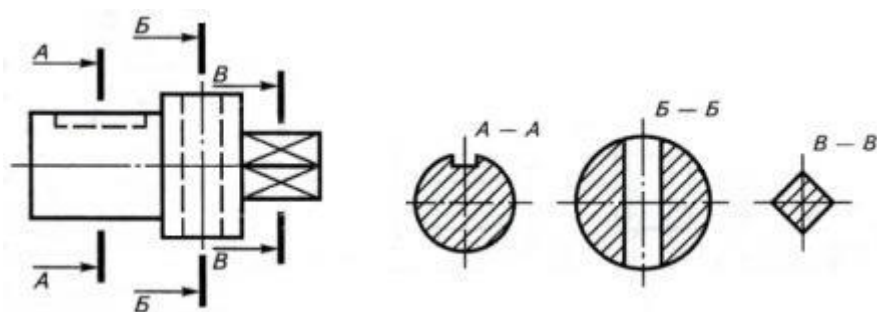


Рис. 7. Обозначение нескольких сечений

Контур вынесенного сечения обводится сплошной основной линией такой же толщины S , как видимый контур изображения. Фигуру сечения на чертеже выделяют **штриховкой**, согласно [ГОСТу 2.306-68 ЕСКД](#) (условным графическим обозначением [материала детали](#)). Штриховые линии наносят в соответствии с общими [правилами](#) (в основном тонкими линиями под углом 45° к основной надписи, в любом направлении через 2-3 мм). Над сечением пишут те же буквы через тире (типа А – А).

Если сечение представляет собой симметричную фигуру и располагается на продолжении линии сечения (штрихпунктирной), то стрелок и букв **не наносят** (см. рис. 5).

Наложенным называют сечение, которое располагают непосредственно на виде предмета в том месте, где проходила секущая плоскость, то есть, как бы накладывают на изображение. Наложённое сечение выполняется в том случае, когда [форма детали на всём протяжении одинакова](#). Контур наложенного сечения обводят сплошной тонкой линией (от $S/3$ до $S/2$). Фигуру сечения располагают в том месте основного вида, где проходит секущая плоскость, и заштриховывают.

Наложенное сечение тоже бывает двух видов:

1. если наложенное сечение **симметрично** относительно секущей плоскости, то на сечении указывается только ось штрихпунктирной линией без обозначения буквами и стрелками (рис. 8, а).
2. если наложенное сечение представляет собой **несимметричную** фигуру, то проводят разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда, но буквами не обозначают (рис. 8, б).

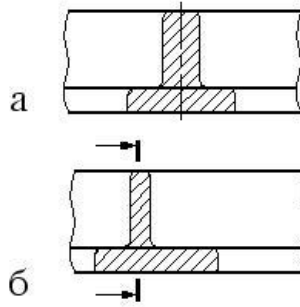


Рис. 8. Наложенное сечение: а) симметричное; б) несимметричное.

Если сечение находится **в разрыве** между частями одного и того же вида, то его выполняют сплошной основной линией (рис. 9). Правила обозначения сечений, расположенных в разрыве, аналогичны правилам обозначений наложенных сечений: у симметричных сечений указывается только ось (рис. 9,а), а несимметричные сечения сопровождают указанием разомкнутой линии и стрелками, указывающими направление взгляда (рис. 9,б).

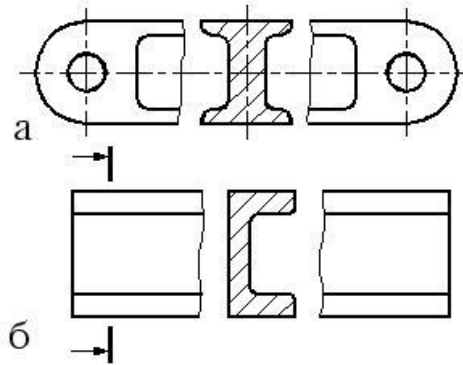


Рис. 9. Сечения в разрыве: а) симметричное; б) несимметричное

Особенности выполнения

При выполнении сечений применяют следующие условности:

1. Вынесенным сечениям следует отдавать **предпочтение** перед наложенным, так как последние затемняют чертеж и неудобны для нанесения размеров.
2. При прохождении секущей плоскости через **ось поверхности вращения**, ограничивающей отверстие или углубление, контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 10).

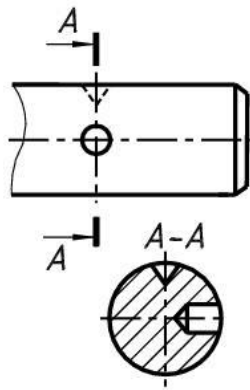


Рис. 10. Сечение, проходящее через оси поверхностей вращения

3. Если секущая плоскость проходит через **призматическое сквозное отверстие** и фигура сечения распадается на несколько частей, сечение не выполняется (рис. 11).

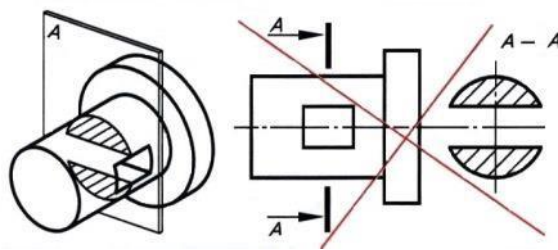


Рис. 11. Сечение, проходящее через призматическое сквозное отверстие.

4. Сечение, **распадающееся на отдельные части**, заменяют разрезом (рис. 12).

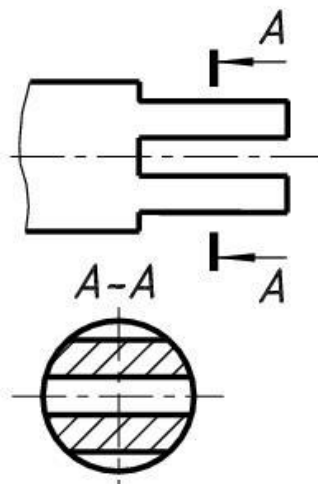


Рис. 12. Замена сечения разрезом

5. Сечения с линией контура под углом 45° **штрихуются под углом 30°** или 60° (рис. 13).

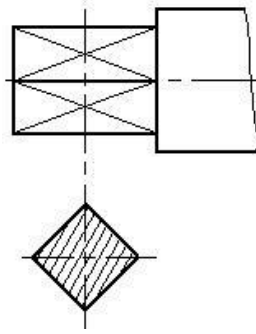


Рис. 13. Штриховка под углом 60°.

6. Для **нескольких одинаковых сечений**, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одинаковыми буквами и вычерчивают одно сечение (рис. 14).

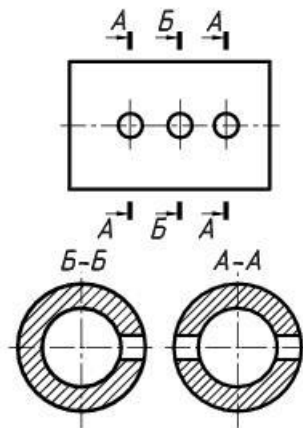




Рис. 14. Выполнение нескольких одинаковых сечений

7. Сечение можно располагать **с поворотом**, тогда к надписи А – А должен быть добавлен символ повернуто , то есть А – А . Если секущие плоскости нескольких одинаковых сечений **не параллельны** друг другу, то значок не наносится.

Комплексный чертеж

Комплексным чертежом называют изображения предмета, составленные из двух или более связанных между собой ортогональных проекций изображаемого геометрического образа (рис. 1).

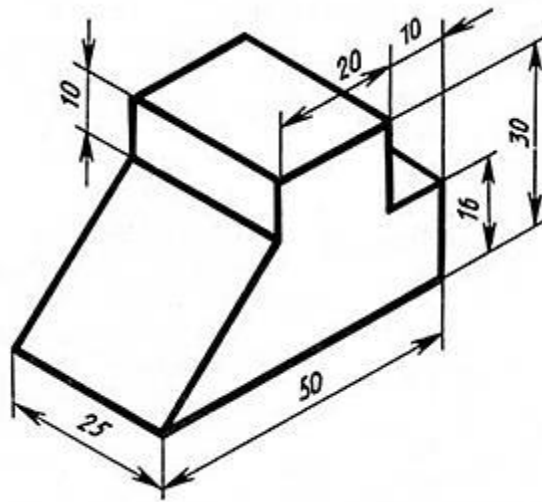


Рис. 1. Наглядное изображение предмета

Фронтальную проекцию называют **видом спереди**, или **главным видом**. Главный вид, получаемый на фронтальной плоскости проекций, является исходным, он должен давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Предмет располагают так, чтобы на чертеже большая часть его элементов изображалась как видимая. Корпусные детали (кронштейны, передние и задние бабки, корпуса кранов и вентилях, трубопроводов, насосов, редукторов) на главном изображении (виде) показывают в **рабочем положении**, т. е. в положении, которое деталь занимает при эксплуатации. Детали, находящиеся при работе в различных положениях, вычерчивают в положении, которое преобладает в процессе изготовления. Поэтому такие детали, как валы, оси, шпиндели, шкивы, штифты и др., имеющие цилиндрическую или коническую форму и обрабатываемые на токарных станках в горизонтальном положении, изображают с горизонтально расположенной осью. (Можно посмотреть [здесь](#)). Как было сказано на прошлом уроке, горизонтальная проекция (вид сверху) располагается под фронтальной, а профильная (вид слева) - справа от фронтальной и на одном уровне с ней. **Нарушать это правило расположения проекций нельзя**. Такое расположение проекций называют **проекционной связью**.

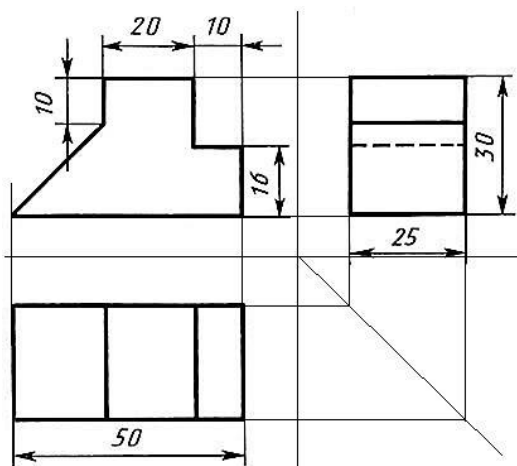


Рис.2. Комплексный чертёж

Проекционная связь показана на рис. 2 тонкими сплошными линиями, которые называются **линиями связи**. При проведении линий связи между горизонтальной и профильной проекциями удобно пользоваться **вспомогательной прямой**, которую проводят под **углом 45°** от осей в правой нижней четверти. Линии связи, идущие от вида сверху, доводят до вспомогательной прямой. Из точек пересечения с нею восстанавливают перпендикуляры для построения вида слева.

Так строят чертежи в прямоугольных проекциях. Используя размеры детали и перенося их с имеющихся видов на достраиваемый, можно построить чертёж детали любой сложности.

Построение чертежа

В учебной практике иногда приходится выполнять задания, связанные с увеличением или уменьшением количества изображений на чертеже, например строить третий вид по двум имеющимся.

Построение третьего вида предмета сводится к построению третьих видов его отдельных элементов (точек, линий, плоских фигур) и отдельных частей. Для этой цели, изучая чертёж, определяют форму, размеры и положение этих частей на предмете. Таким образом, вначале осуществляется чтение чертежа. После этого приступают к графическим построениям, вычерчивая последовательно один за другим те или иные элементы предмета.

На рисунке 3 показана последовательность построения вида слева по двум заданным: главному и сверху. Перенос размеров с вида сверху на достраиваемый вид осуществлён с помощью постоянной прямой чертежа.

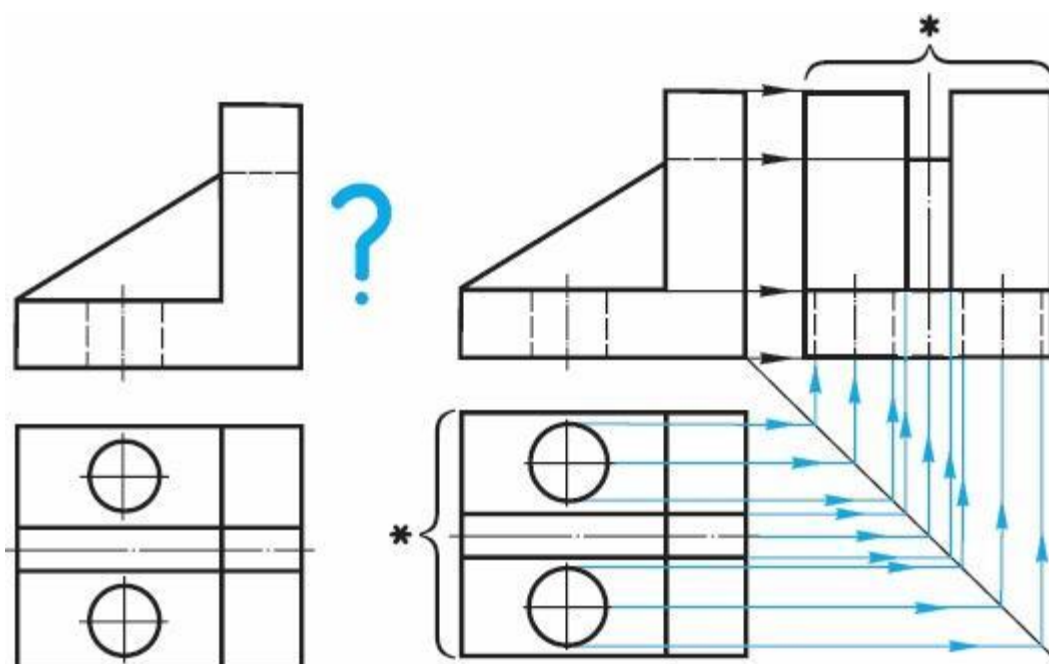


Рис. 3

Иногда при построении отсутствующего на чертеже вида применение постоянной прямой не обязательно. Для переноса размеров с одного вида на другой можно воспользоваться циркулем или линейкой (см. рис. 3, размер, обозначен звездочкой).

В заключение нужно удалить линии построения и обвести чертеж.

Компоновка чертежа

Компоновка чертежа (или композиция чертежа) выражается в гармоничном сочетании отдельных элементов изображения в выбранном масштабе с заданным форматом бумаги. Компоновкой чертежа также называется размещение изображений, размеров и надписей на поле чертежа (т.е. внутри рамки).

Начинающие чертежники строят чертеж, как правило, без учета площади листа бумаги. В итоге чертеж либо не помещается в отведенном ему поле, либо занимает только его часть.

Поскольку мы воспринимаем изображение не само по себе, не изолированно, а вместе с листом, на котором оно расположено, то между величинами изображения и листа должна существовать определенная пропорциональная зависимость, или, как говорят художники, композиционное равновесие.

Простейший способ достижения равновесия в чертеже – это равномерное распределение проекций (но не за счет нарушения проекционной связи!). Из рисунка 4 легко понять суть этого требования.

АксонOMETрические проекции

Обычный [рисунок](#) изображает предмет, как он представляется глазу наблюдателя. Способ перспективного изображения используют при создании архитектурных проектов. Применение рисунка в производстве неудобно, так как он искажает форму и размеры предмета.

Чертёж, выполненный в прямоугольных (ортогональных) проекциях, является основным видом изображения, которым пользуются в [технике](#). Он дает представление о форме и размерах предмета, но часто уступает в наглядности, когда очень сложно представить деталь или изделие по чертежу, например рис 1а и б. По ортогональным проекциям предмета довольно трудно представить его форму.

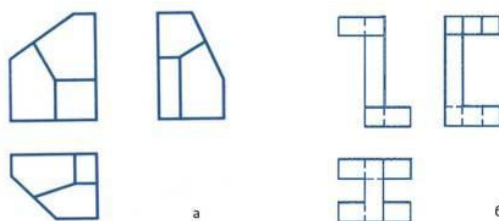


Рис. 1. Чертёж в прямоугольных проекциях

В этих случаях выполняют дополнительно изображение этого предмета в аксонометрической проекции, которые значительно нагляднее (можно посмотреть [здесь](#) и [здесь](#)).

Аксонометрические проекции отличаются наглядностью. Поэтому аксонометрические проекции применяют в тех случаях, когда трудно представить деталь.

Аксонометрический чертёж (**аксонометрия**) – это изображение, полученное параллельным проецированием фигуры вместе с осями на некоторую плоскость так, чтобы ни одна из осей не совпала с направлением проецирования.

Построение аксонометрических проекций

В зависимости от наклона изображаемого предмета к плоскости проекций и угла, образуемого проецирующими лучами с плоскостью, получают аксонометрические проекции различного типа.

ГОСТ 2.317-69 (СТ СЭВ 1979-79) устанавливает **пять видов** аксонометрических проекций. Рассмотрим два наиболее употребительных вида.

Если передняя и задняя грани куба параллельны плоскости **V**, а проецирование осуществляется параллельными лучами, направленными под острым углом к плоскости, то получается косоугольная фронтальная диметрическая проекция.

Если расположить куб так, чтобы его грани были наклонены к плоскости **V** под одинаковыми углами, и проецирование производить перпендикулярными к плоскости лучами, то получится **изометрическая проекция** (сокращенно изометрия).

Положение осей

Построение аксонометрических проекций начинают с проведения аксонометрических осей.

Оси фронтальной **диметрической** проекции располагают, как показано на рис. 2, а: ось **X** - горизонтально, ось **Z** – вертикально, ось **Y** – под углом 45° к горизонтальной линии. Угол 45° можно построить при помощи чертежного угольника с углами $45, 45$ и 90° , как показано на рис. 2, б.

Положение осей **изометрической** проекции показано на рис. 2, в. Оси **X** и **Y** располагают под углом 30° к горизонтальной линии (угол 120° между осями). Построение осей удобно проводить при помощи угольника с углами $30, 60$ и 90° (рис. 2, г).

Чтобы построить оси изометрической проекции с помощью циркуля, надо провести ось **Z**, описать из точки **O** дугу произвольного радиуса; не меняя

раствора циркуля, из точки пересечения дуги и оси z сделать засечки на дуге, соединить полученные точки с точкой O .

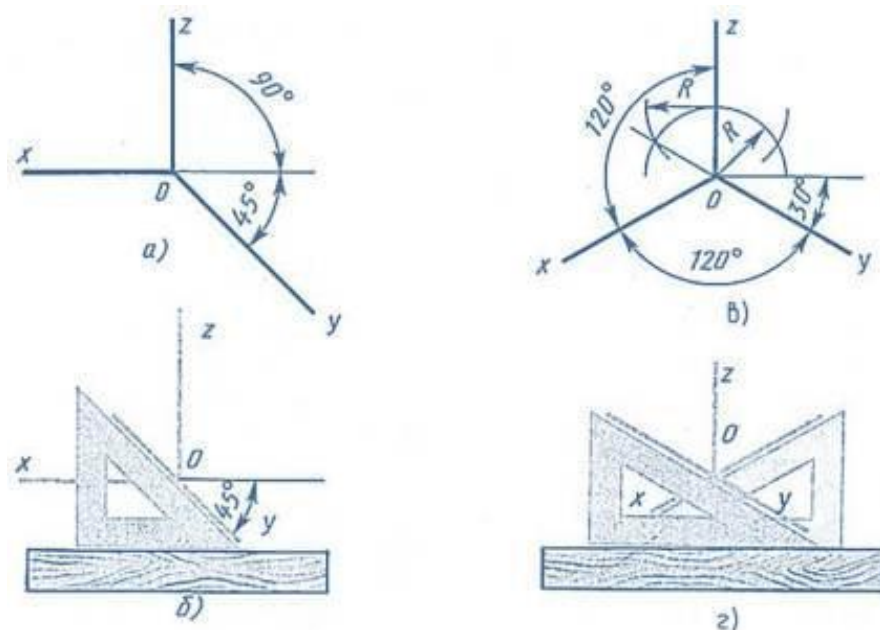


Рис. 2. Способы построения осей аксонометрических проекций

На рис. 3, а и б показано построение аксонометрических осей на бумаге, разлинованной в клетку. В этом случае, чтобы получить угол 45° , проводят диагонали в квадратных клетках (рис. 3, а). Наклон оси в 30° (рис. 3, б) получается при соотношении длин отрезков 3 : 5 (3 и 5 клеток).

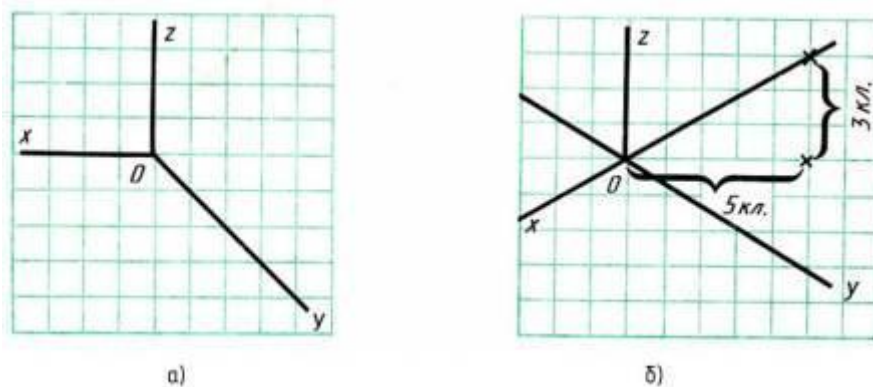


Рис. 3. Построение аксонометрических осей на бумаге в клетку

При построении фронтальной *диметрической проекции* по осям X и Z (и параллельно им) откладывают действительные размеры; по оси Y (и параллельно ей) размеры сокращают в 2 раза, отсюда и название "диметрия", что по-гречески означает "двойное измерение".

При построении *изометрической проекции* по осям X , Y , Z (и параллельно им) откладывают действительные размеры предмета, отсюда и название "изометрия", что по-гречески означает "равные измерения".

Построение фронтальной диметрической и изометрической проекций

Построим фронтальную диметрическую и изометрическую проекции детали, три вида которой приведены на рис. 4.

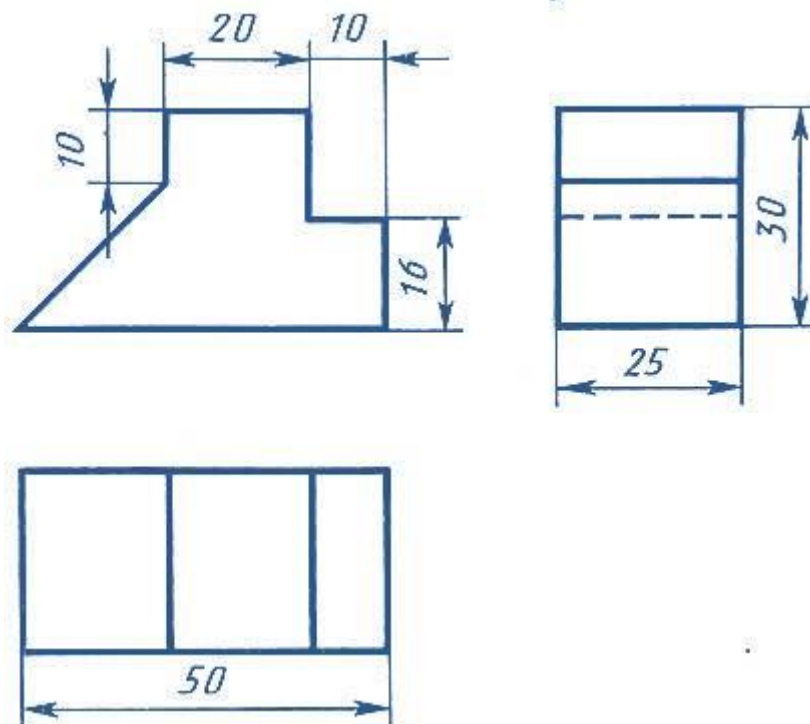


Рис. 4. Комплексный чертеж детали

Порядок построения проекций показан на рисунке 5:

1. Проводят оси. Строят переднюю грань детали, откладывая действительные величины высоты – вдоль оси **Z**, длины – вдоль оси **X** (рис. 5, а).

2. Из вершин полученной фигуры параллельно оси *v* проводят ребра, уходящие вдаль. Вдоль них откладывают толщину детали: для фронтальной диметрической проекции – сокращенную в 2 раза; для изометрии – действительную (рис. 5, б).

3. Через полученные точки проводят прямые, параллельные ребрам передней грани (рис. 5, в).

4. Удаляют лишние линии, обводят видимый контур и наносят размеры (рис. 5, г).

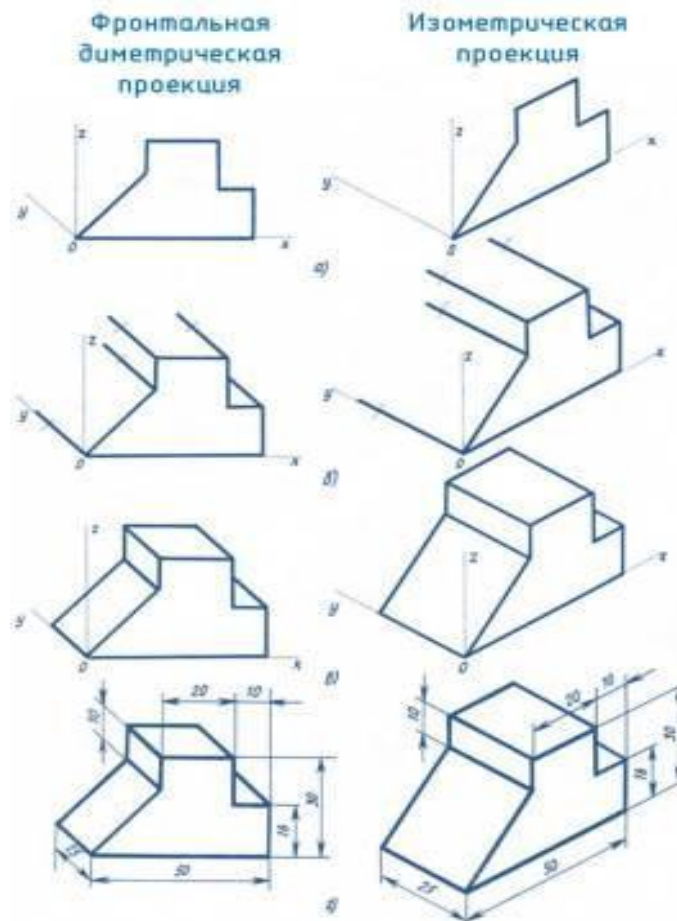


Рис.5. Способ построения аксонометрических проекций

Сравните левую и правую колонки на рис. 5. Что общего и в чём различие данных на них построений?

Из сопоставления этих рисунков и приведенного к ним текста можно сделать вывод, что порядок построения фронтальной диметрической и изометрической проекций, в общем одинаков. Разница заключается в расположении осей и длине отрезков, откладываемых вдоль оси y .

Построение плоских фигур и окружности

В ряде случаев построение аксонометрических проекций удобнее начинать с построения фигуры основания. Поэтому рассмотрим, как изображают в аксонометрии плоские [геометрические фигуры](#), расположенные горизонтально.

1. Построение аксонометрической проекции **квадрата** показано на рис. 1, а и б.

Вдоль оси x откладывают сторону [квадрата](#) a , вдоль оси y - половину стороны $a/2$ для фронтальной диметрической проекции и сторону a для изометрической проекции. Концы отрезков соединяют прямыми.

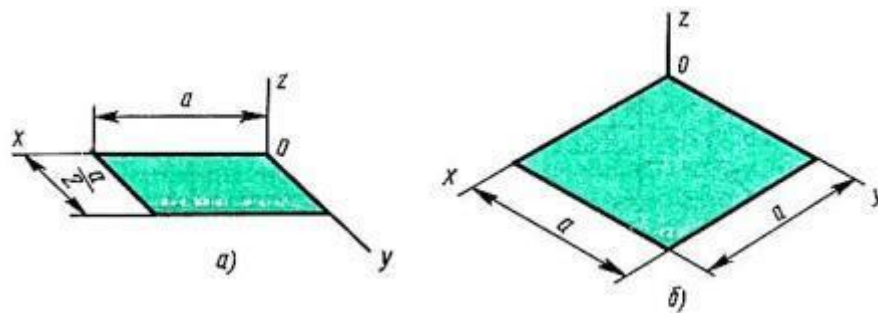


Рис. 1. Аксонометрические проекции квадрата:

а - фронтальная диметрическая; б - изометрическая

2. Построение аксонометрической проекции **треугольника** показано на рис. 2, а и б.

Симметрично точке **О** (началу осей координат) по оси **x** откладывают половину стороны **треугольника** $a/2$, а по оси **y** - его высоту **h** (для фронтальной диметрической проекции половину высоты $h/2$). Полученные точки соединяют отрезками прямых.

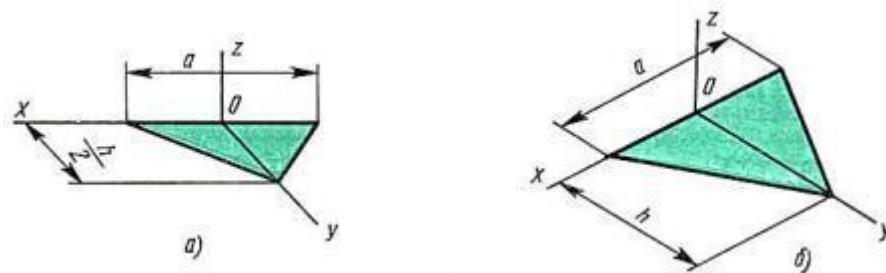


Рис. 2. Аксонометрические проекции треугольника:

а - фронтальная диметрическая; б - изометрическая

3. Построение аксонометрической проекции **правильного шестиугольника** показано на рис. 3.

По оси **x** вправо и влево от точки **О** откладывают отрезки, равные стороне **шестиугольника**. По оси **y** симметрично точке **О** откладывают отрезки $s/2$, равные половине расстояния между противоположными сторонами шестиугольника (для фронтальной диметрической проекции эти отрезки уменьшают вдвое). От точек **m** и **n**, полученных на оси **y**, проводят вправо и влево параллельно оси **x** отрезки, равные половине стороны шестиугольника. Полученные точки соединяют отрезками прямых.

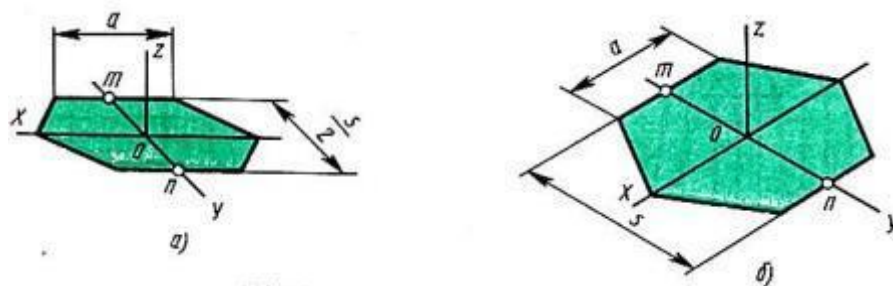


Рис. 3. Аксонометрические проекции правильного шестиугольника:

а - фронтальная диметрическая; б - изометрическая

4. Построение аксонометрической проекции **окружности**.

Фронтальная диметрическая проекция удобна для изображения предметов с криволинейными очертаниями, подобных представленным на рис. 4.

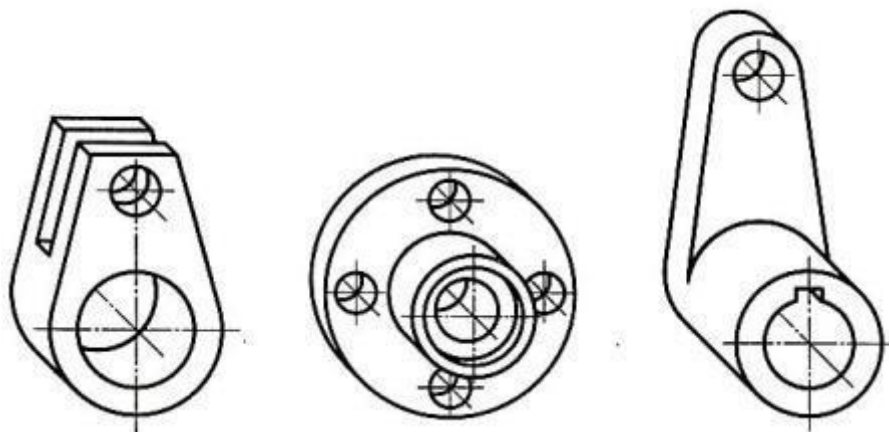


Рис.4. Фронтальные диметрические проекции деталей

На рис. 5. дана фронтальная **диметрическая** проекция куба с вписанными в его грани окружностями. Окружности, расположенные на плоскостях, перпендикулярных к осям x и z , изображаются эллипсами. Передняя грань куба, перпендикулярная к оси y , проецируется без искажения, и окружность, расположенная на ней, изображается без искажения, т. е. описывается циркулем.

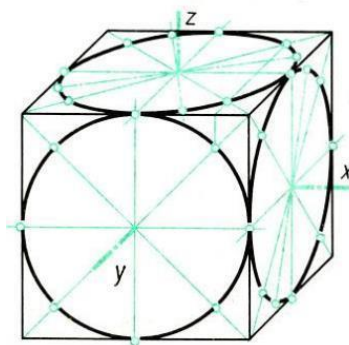


Рис.5. Фронтальные диметрические проекции окружностей, вписанных в грани куба

Построение фронтальной диметрической проекции плоской детали с цилиндрическим отверстием.

Фронтальную диметрическую проекцию плоской детали с цилиндрическим отверстием выполняют следующим образом.

1. Строят очертания передней грани детали, пользуясь циркулем (рис. 6, а).

2. Через центры окружности и дуг параллельно оси y проводят прямые, на которых откладывают половину толщины детали. Получают центры окружности и дуг, расположенных на задней поверхности детали (рис. 6, б). Из этих центров проводят окружность и дуги, радиусы которых должны быть равны радиусам окружности и дуг передней грани.

3. Проводят касательные к дугам. Удаляют лишние линии и обводят видимый контур (рис. 6, в).

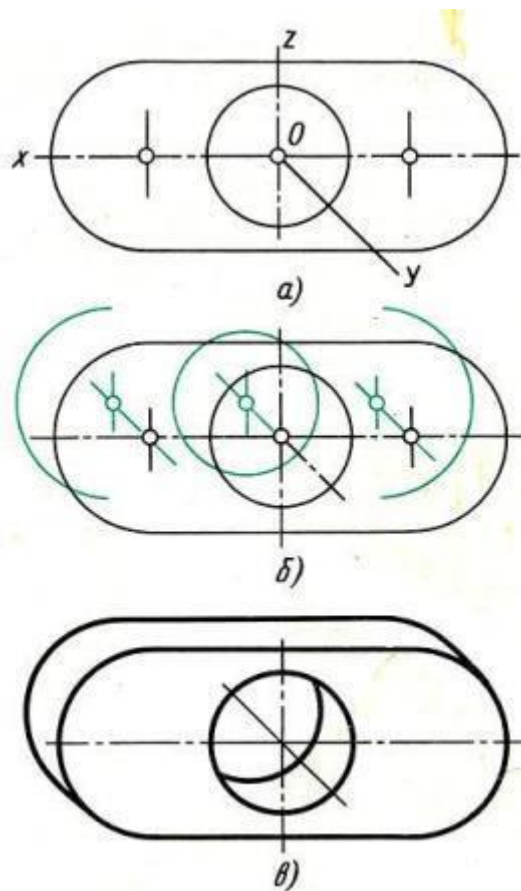


Рис. 6. Построение фронтальной диметрической проекции детали с цилиндрическими элементами

Изометрические проекции окружностей.

Квадрат в изометрической проекции проецируется в ромб. Окружности, вписанные в квадраты, например, расположенные на гранях куба (рис. 7), в изометрической проекции изображаются эллипсами. На практике эллипсы заменяют овалами, которые вычерчивают четырьмя дугами окружностей.

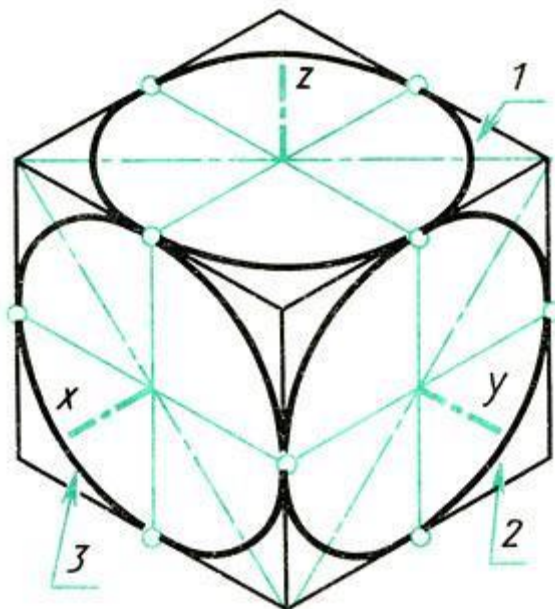


Рис. 7. Изометрические проекции окружностей, вписанных в грани куба

Построение овала, вписанного в ромб.

1. Строят ромб со стороной, равной диаметру изображаемой окружности (рис. 8, а). Для этого через точку **O** проводят изометрические оси **x** и **y**, и на них от точки **O** откладывают отрезки, равные радиусу изображаемой окружности. Через точки **a**, **b**, **c** и **d** проводят прямые, параллельные осям; получают ромб. Большая ось овала располагается на большой диагонали ромба.

2. Вписывают в ромб овал. Для этого из вершин тупых углов (точек **A** и **B**) описывают дуги радиусом **R**, равным расстоянию от вершины тупого угла (точек **A** и **B**) до точек **a**, **b** или **c**, **d** соответственно. От точки **B** к точкам **a** и **b** проводят прямые (рис. 8, б); пересечение этих прямых с большей диагональю ромба дает точки **C** и **D**, которые будут центрами малых дуг; радиус **R₁** малых дуг равен **Ca (Db)**. Дугами этого радиуса сопрягают большие дуги овала.

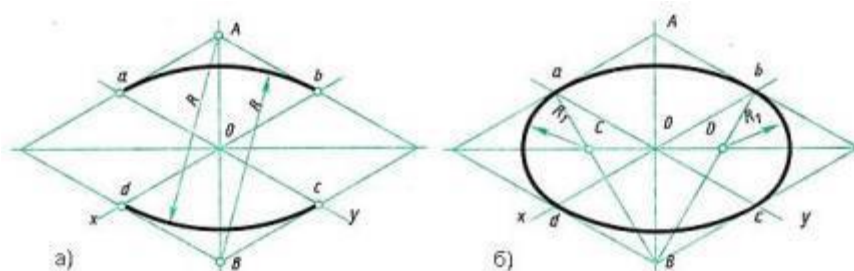


Рис. 8. Построение овала в плоскости, перпендикулярной оси z .

Так строят овал, лежащий в плоскости, перпендикулярной к оси z (овал 1 на рис. 7). Овалы, находящиеся в плоскостях, перпендикулярных к осям x (овал 3) и y (овал 2), строят так же, как овал 1., только построение овала 3 ведут на осях y и z (рис. 9, а), а овала 2 (см. рис. 7) - на осях x и z (рис. 9, б).

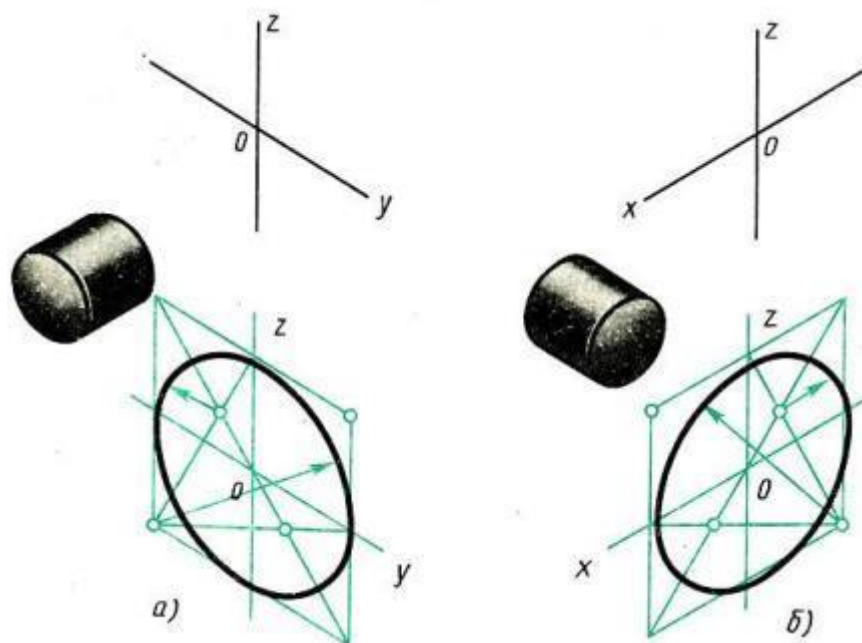


Рис. 9. Построение овала в плоскостях, перпендикулярных осям x и y

Построение изометрической проекции детали с цилиндрическим отверстием.

Если на изометрической проекции детали нужно изобразить сквозное цилиндрическое отверстие, просверленное перпендикулярно передней грани, представленное на рисунке. 10, а.

Построения выполняет следующим образом.

1. Находят положение центра отверстия на передней грани детали. Через найденный центр проводят изометрические оси. (Для определения их направления удобно воспользоваться изображением куба на рис. 7.) На осях от центра откладывают отрезки, равные радиусу изображаемой окружности (рис. 10, а).

2. Строят ромб, сторона которого равна диаметру изображаемой окружности; проводят большую диагональ ромба (рис. 10, б).

3. Описывают большие дуги овала; находят центры для малых дуг (рис. 10, в).

4. Проводят малые дуги (рис. 10, г).

5. Строят такой же овал на задней грани детали и проводят касательные к обоим овалам (рис. 10, д).

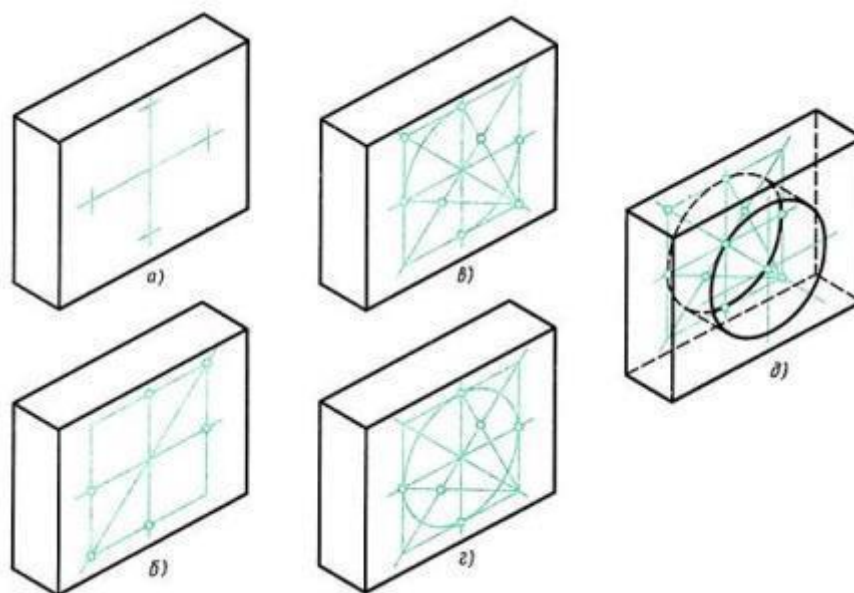


Рис. 10. Построение изометрической проекции детали с цилиндрическим отверстием

Технический рисунок

Чтобы быстро и наиболее наглядно передать форму предмета, модели или детали пользуются техническими рисунками.

Технический рисунок – это изображение, выполненное от руки по правилам аксонометрии с соблюдением пропорций на глаз, т.е. без применения чертежных инструментов. Этим технический рисунок отличается от аксонометрической проекции. При этом придерживаются тех же правил, что и при построении аксонометрических проекций: под теми же углами располагают оси, размеры откладывают вдоль осей или параллельно им и т.д.

Технические рисунки дают наглядное представление о форме модели или детали, есть возможность так же показать не только внешний вид, но и их внутреннее устройство с помощью выреза части детали по направлениям координатных плоскостей.

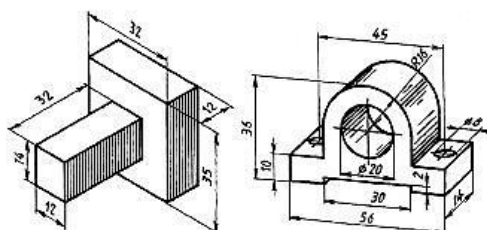


Рис. 1. Технические рисунки.

Важнейшим требованием, предъявляемым к техническому рисунку, является наглядность.

Выполнение технических рисунков деталей

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

Технические рисунки удобно выполнять на бумаге, разлинованной в клетку.

Чтобы быстро и правильно выполнить технический рисунок, необходимо получить навыки проведения параллельно расположенных линий под разным наклоном, на разном расстоянии, различной толщины без применения чертежных инструментов, не пользуясь приборами, делить отрезки на равные части, строить наиболее применяемые углы (7° , 15° , 30° , 41° , 45° , 60° , 90°), делить углы на равные части, строить окружности, овалы и др. Необходимо иметь представление об изображении различных фигур в каждой из плоскостей проекций, уметь выполнить на техническом рисунке изображения наиболее применяемых плоских фигур и простых геометрических форм.

На рис. 2 показаны способы, облегчающие работу карандашом от руки.

Угол 45° легко построить разделив прямой угол пополам (рис. 2, а). Для построения угла 30° нужно разделить прямой угол на три равные части (рис. 2, б).

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

Чтобы описать окружность, сначала нужно на осевых линиях нанести четыре штриха, а затем между ними еще четыре (рис. 2, г).

Овал нетрудно построить, вписав его в ромб. Для этого внутри ромба наносят штрихи, намечающие линию овала (рис. 2, д), а затем обводят овал.

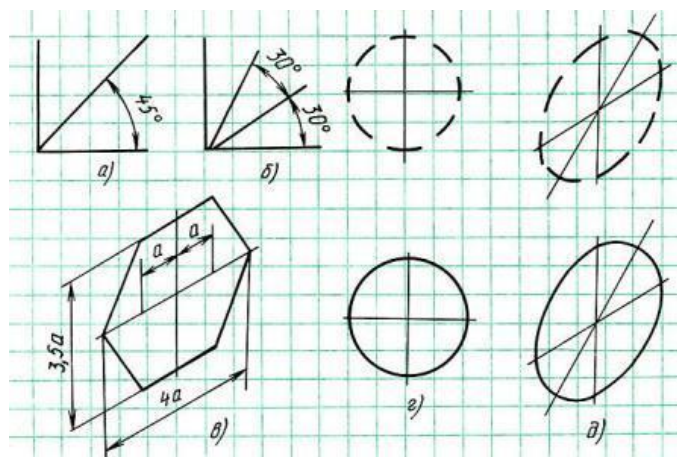


Рис. 2. Построения, облегчающие выполнение технических рисунков

Далее можно приступить к построению более сложных форм технических деталей.

Технический рисунок может быть выполнен в такой последовательности.

1. В выбранном на чертеже месте строят аксонометрические оси и намечают расположение детали с учетом максимальной ее наглядности (рис. 3, а).

2. Отмечают габаритные размеры детали, начиная с основания, и строят объемный параллелепипед, охвативший всю деталь (рис. 3, б).

3. Габаритный параллелепипед мысленно расчленяют на отдельные геометрические формы, составляющие его, и выделяют их тонкими линиями (рис. 3, в).

4. После проверки и уточнения правильности сделанных намёток обводят линиями необходимой толщины видимые элементы детали (рис. 3, г, д).

5. Выбирают способ оттенения и выполняют соответствующую дорисовку технического рисунка (рис. 3, е).

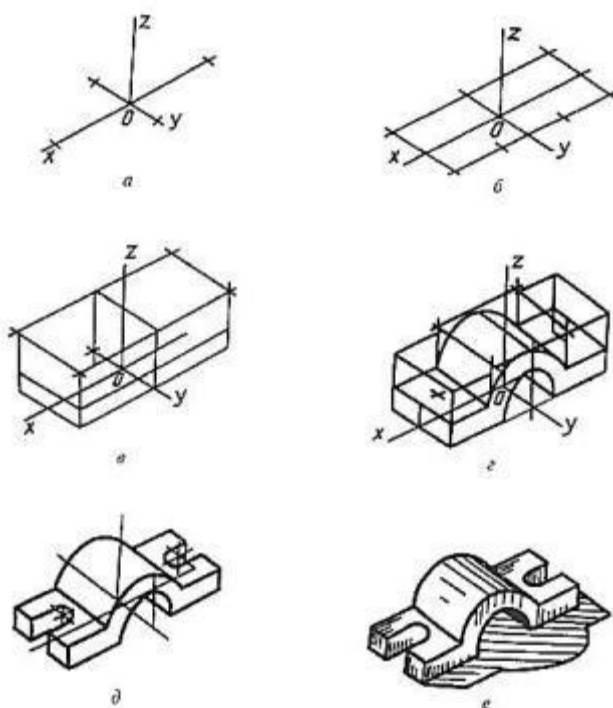


Рис. 3. Последовательность выполнения технического рисунка.

При выполнении рисунка не по чертежу, а с натуры последовательность выполнения остается та же, только размеры всех частей предмета определяют, прикладывая карандаш или полоску плотной бумаги к измеряемой части предмета (рис.4, а).

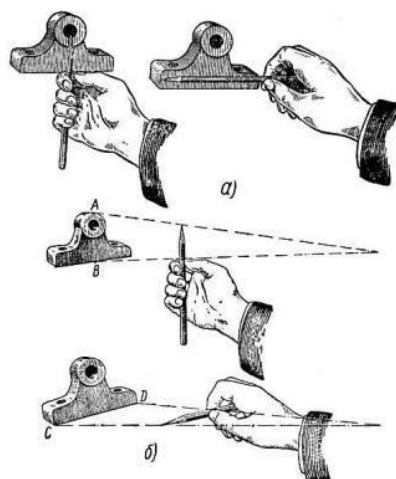


Рис. 4. Выполнение рисунка с натуры

Если рисунок надо выполнить в уменьшенном размере, то приближенное измерение размеров производят так, как показано на рис. 4, б, карандаш держат на вытянутой руке между глазом наблюдателя и предметом. Чем дальше будет отодвинута деталь, тем меньше получатся размеры.

Штриховка на техническом рисунке

Для повышения наглядности и выразительности, чтобы придать объемность, на выполненный технический рисунок наносят **штриховку** (рис. 5). Нанесение на технический рисунок светотени, показывающей распределение света на поверхностях изображаемого предмета, называют **оттенением**. При этом предполагают, что свет падает на предмет *сверху слева*. Освещенные поверхности оставляют светлыми, затененные – покрывают штриховкой, которая тем чаще, чем темнее поверхность предмета. Штриховку наносят параллельно какой-нибудь образующей или параллельно осям проекций. На рис. 5, а приведен технический рисунок цилиндра, на котором оттенение выполнено параллельной **штриховкой** (сплошные параллельные линии различной толщины), на рис. 5, б — **шрафировкой** (штриховка в виде сетки), а на рис. 5, в — с помощью **точек** (с увеличением освещения расстояние между точками увеличивается).

Оттенение на рабочих чертежах деталей могут быть выполнены также тушевкой — частым, почти сплошным нанесением штрихов в различном направлении, или отмывкой, выполненной тушью или красками.

На каждом рисунке применяют один какой-либо способ оттенения, и все поверхности изображаемого предмета оттеняются.

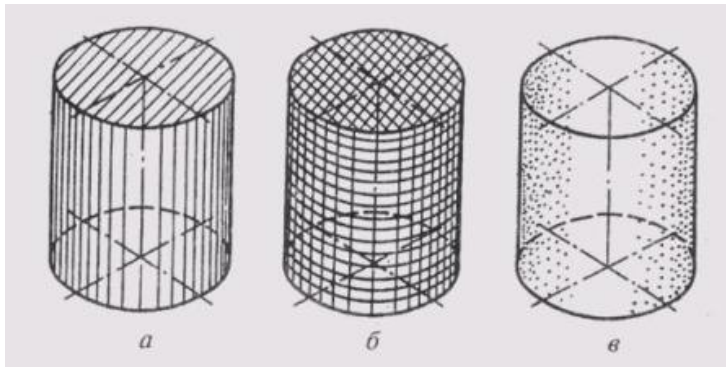


Рис.5. Нанесение штриховки

На рис. 6 показан технический рисунок детали с оттенением, выполненным параллельной штриховкой.

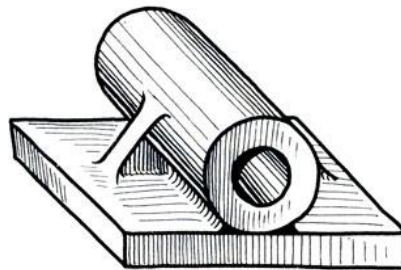


Рис. 6. Технический рисунок со штриховкой

Можно наносить штриховку не на всю поверхность, а только в местах, подчеркивающих форму предмета (рис. 7).

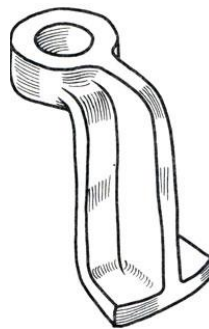


Рис. 7. Технический рисунок с упрощенной штриховкой

Технический рисунок в законченном виде с нанесением тени и штриховки иногда может быть более наглядным, чем аксонометрическое изображение и с нанесенными размерами может заменить чертеж несложной детали, служащей документом для ее изготовления. Это дает возможность более доступно, доходчиво пояснить чертежи сложных предметов.

Эскиз детали

Конструкторские документы для одноразового пользования могут выполняться в виде эскизов.

Эскиз - чертеж, выполненный без применения чертежного инструмента (от руки) и точного соблюдения стандартного масштаба (в глазном масштабе). При этом должна сохраняться пропорция в размерах отдельных элементов и всей детали в целом. По содержанию к эскизам предъявляются такие же требования, что и к рабочим чертежам.

Эскизы выполняются при составлении рабочего чертежа уже имеющейся детали, при конструировании нового изделия, доработке конструкции опытного образца изделия, при необходимости изготовить деталь по самому эскизу, поломке детали в процессе эксплуатации, если в наличии нет запасной детали и др.

При выполнении эскиза соблюдаются все правила, установленные ГОСТом ЕСКД, что и к чертежу. Различие состоит лишь в том, что эскиз выполняют без применения чертежных инструментов. Эскиз требует такого же тщательного выполнения, как и чертеж. Несмотря на то, что соотношение высоты к длине и ширине детали определяется на глаз, размеры, проставляемые на эскизе, должны соответствовать действительным размерам детали.

На рис. 8, а и б приведены эскиз и чертеж одной и той же детали. Эскизы удобно выполнять на клетчатой бумаге стандартного формата, мягким карандашом ТМ, М или 2М.

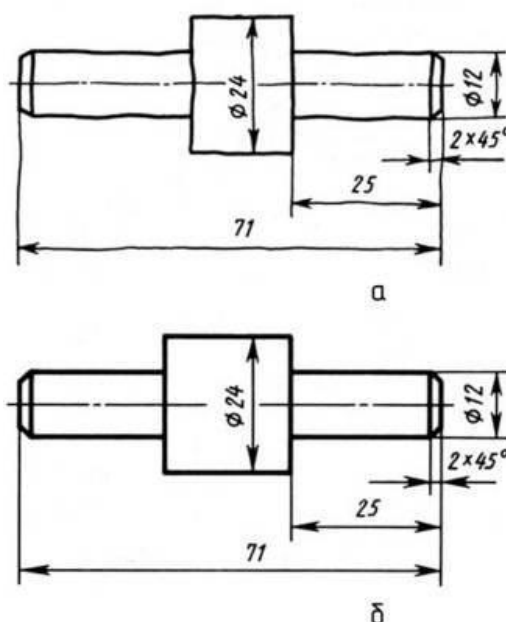


Рис. 8. Сравнение эскизов и чертежа:

а - эскиз; б - чертеж

Последовательность выполнения эскиза

Перед выполнением эскиза надо:

1. Осмотреть деталь и ознакомиться с ее конструкцией (провести анализ геометрической формы, выяснить название детали и ее основное назначение).
2. Определить материал, из которого изготовлена деталь (сталь, чугун, цветные металлы и т.п.).
3. Установить пропорциональное соотношение размеров всех элементов детали между собой.
4. Выбрать формат для эскиза детали, учитывая число изображений, степень сложности детали, количество размеров и т.п.

Выполнение эскиза детали показано на рисунке 9:

1. наносят внутреннюю рамку и основную надпись на формат;
2. выбирают положение детали относительно плоскостей проекций, определяют главное изображение чертежа и минимальное число изображений, позволяющих полно выявить форму детали;
3. на глаз выбирают масштаб изображений и выполняют компоновку: тонкими линиями отмечают габаритные прямоугольники - места для будущих изображений (при компоновке между габаритными прямоугольниками оставляют место для постановки размеров);
4. при необходимости наносят осевые и центровые линии и выполняют изображения детали (количество видов должно быть минимальным, но достаточным для изготовления детали);
5. наносят контуры изображений: наружные и внутренние (обводят изображения);
6. проводят размерные и выносные линии;
7. обмеряют деталь различными измерительными инструментами (рис. 10-12). Полученные размеры наносят над соответствующими размерными линиями;
8. выполняют необходимые надписи (технические требования), в том числе и основную надпись;
9. проверяют правильность выполнения эскиза.

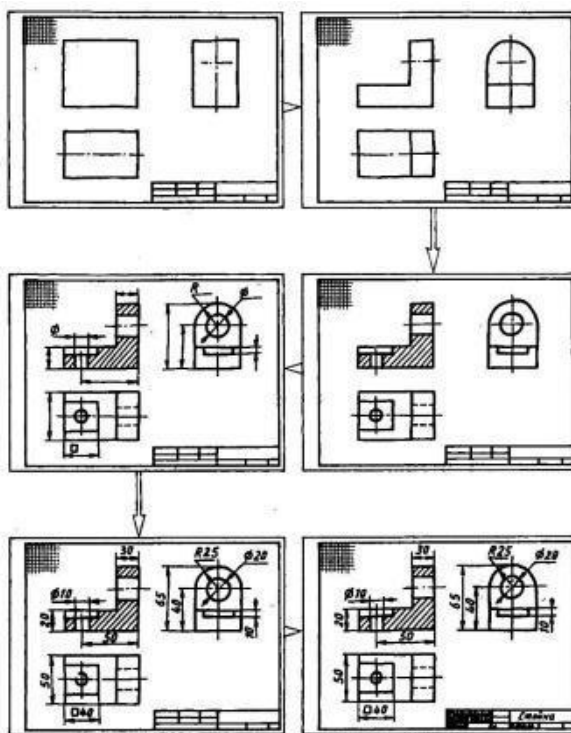


Рис. 9. Последовательность построения эскиза

Эскиз детали

Конструкторские документы для одноразового пользования могут выполняться в виде эскизов.

Эскиз - чертеж, выполненный без применения чертежного инструмента (от руки) и точного соблюдения стандартного масштаба (в глазомерном масштабе). При этом должна сохраняться пропорция в размерах отдельных элементов и всей детали в целом. По содержанию к эскизам предъявляются такие же требования, что и к рабочим чертежам.

Эскизы выполняются при составлении рабочего чертежа уже имеющейся детали, при конструировании нового изделия, доработке конструкции опытного образца изделия, при необходимости изготовить деталь по самому эскизу, поломке детали в процессе эксплуатации, если в наличии нет запасной детали и др.

При выполнении эскиза соблюдаются все правила, установленные ГОСТом ЕСКД, что и к чертежу. Различие состоит лишь в том, что эскиз выполняют без применения чертежных инструментов. Эскиз требует такого же тщательного выполнения, как и чертеж. Несмотря на то, что соотношение высоты к длине и ширине детали определяется на глаз, размеры, проставляемые на эскизе, должны соответствовать действительным размерам детали.

На рис. 8, а и б приведены эскиз и чертеж одной и той же детали. Эскизы удобно выполнять на клетчатой бумаге стандартного формата, мягким карандашом ТМ, М или 2М.

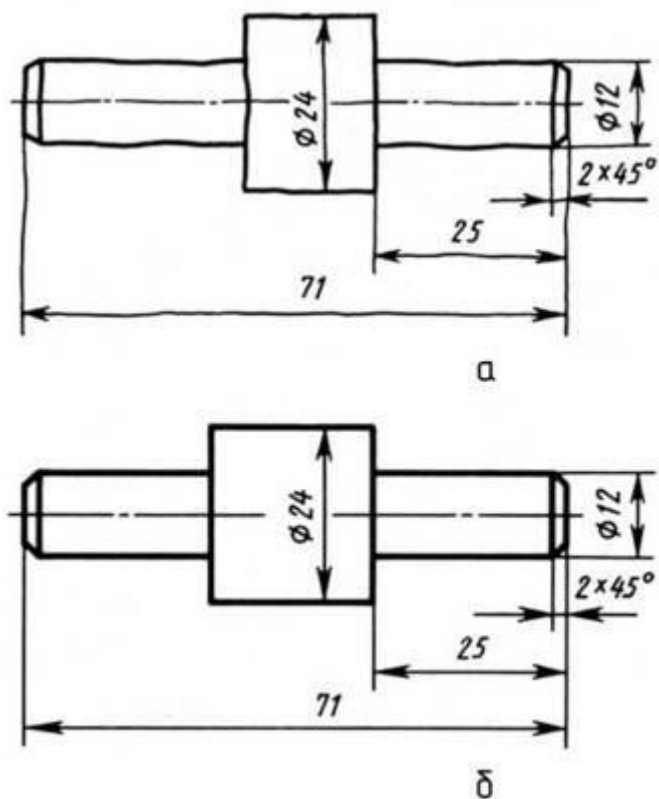


Рис. 8. Сравнение эскизов и чертежа:

а - эскиз; б - чертеж

Последовательность выполнения эскиза

Перед выполнением эскиза надо:

1. Осмотреть деталь и ознакомиться с ее конструкцией (провести анализ геометрической формы, выяснить название детали и ее основное назначение).
2. Определить материал, из которого изготовлена деталь (сталь, чугун, цветные металлы и т.п.).
3. Установить пропорциональное соотношение размеров всех элементов детали между собой.
4. Выбрать формат для эскиза детали, учитывая число изображений, степень сложности детали, количество размеров и т.п.

Выполнение эскиза детали показано на рисунке 9:

На рисунке 8 легко увидеть, какая компоновка чертежа выполнена композиционно правильно.

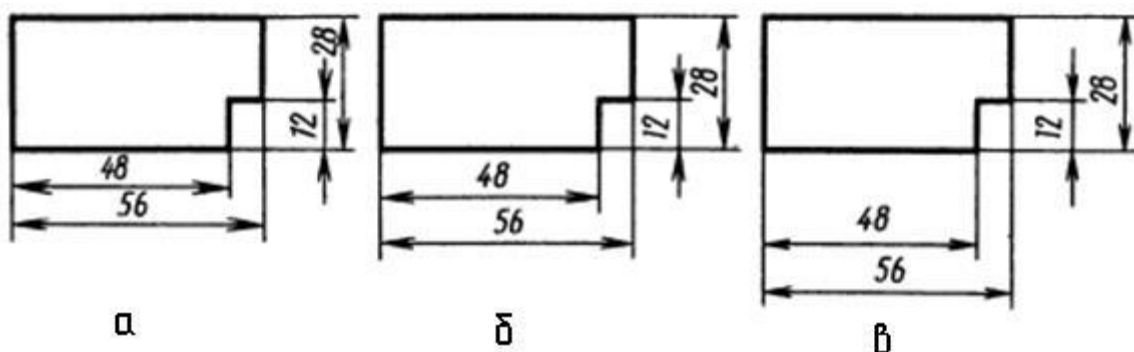


Рис.8. Компоновка размерных линий на чертеже

Стрелки чертежей на рис. 8, а) и в) несоизмеримы с проекциями: первые - велики, вторые - слишком малы, цифры - также. Кроме того, на рис. 8, а) они «прижаты» к своим проекциям, на рис. 8, в), напротив, «оторваны» от них. Правильно исполнен чертеж на рис. 8, б). В нем зрительно все уравновешено и создаются благоприятные условия для глаза при его движении по изображению.

Законы композиции проявляются во всех видах искусств: в архитектуре, скульптуре, живописи, музыке, фотографии и т. п.

Количество изображений

Выбор числа изображений является важным этапом выполнения чертежей. Он заключается в нахождении положения детали на главном изображении и необходимого числа видов, которые позволят полно и точно отобразить внешнюю и внутреннюю форму, а также размеры предмета.

Количество видов должно быть наименьшим, но полностью выявляющим форму предмета.

Выбор положения детали в главном изображении должен давать наиболее полное представление о форме и размерах детали: на главном виде должна быть максимально представлена информация о форме.

Обычно деталь показывают в положении, которое она занимает при обработке. Поэтому ось деталей, получаемых точением (например, валы), располагают горизонтально. Это облегчает рабочему изготовление детали по чертежу, так как и на чертеже и на станке он видит ее в одинаковом положении.

Выбор положения детали на главном изображении в значительной степени определяет количество изображений на чертеже. Предмет стараются располагать так, чтобы большая часть его элементов на главном виде изображалась как видимая.

Форма детали, представленной на рисунке 9 выявляется одним видом при правильном выборе главного изображения (главного вида).



Рис. 9.

Для передачи формы детали (рис. 10) необходимы два вида. Одним, главным видом не возможно показать глубину пазов утолщенной части детали.

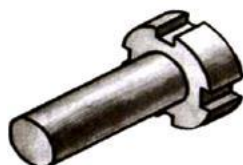


Рис. 10.

Форму детали, показанной на рисунке 11 выявляют тремя изображениями. Даже два вида детали не будет полно определять форму.

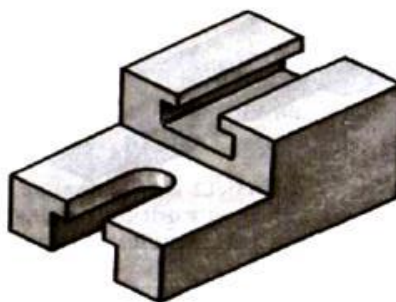


Рис. 11.

Деление окружности на равные части

Пользуясь радиусом, нетрудно разделить окружность и на 3, 5, 6, 7, 8, 12 равных участков.

Деление окружности на четыре равные части.

Штрихпунктирные центровые линии, проведенные перпендикулярно одна другой, делят окружность на четыре равные части. Последовательно соединив их концы, получим правильный четырехугольник (рис. 1).

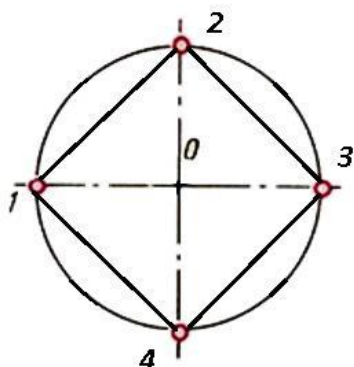


Рис.1 Деление окружности на 4 равные части.

Деление окружности на восемь равных частей.

Чтобы разделить окружность на восемь равных частей, дуги, равные четвертой части окружности, делят пополам. Для этого из двух точек, ограничивающих четверть дуги, как из центров радиусов окружности выполняют засечки за ее пределами. Полученные точки соединяют с центром окружностей и на пересечении их с линией окружности получают точки, делящие четвертные участки пополам, т. е. получают восемь равных участков окружности (рис. 2).

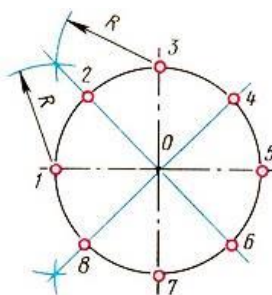


Рис.2. Деление окружности на 8 равных частей.

Деление окружности на шестнадцать равных частей.

Разделив циркулем дугу, равную $1/8$, на две равные части, нанесём засечки на окружность. Соединив все засечки, отрезками прямых, получим правильный шестнадцатиугольник.

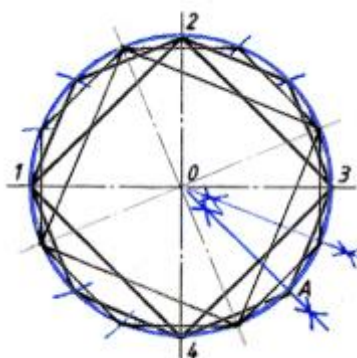


Рис.3. Деление окружности на 16 равных частей.

Деление окружности на три равные части.

Чтобы разделить окружность радиуса R на 3 равные части, из точки пересечения центральной линии с окружностью (например, из точки A) описывают как из центра дополнительную дугу радиусом R . Получают точки 2 и 3. Точки 1, 2, 3 делят окружность на три равные части.

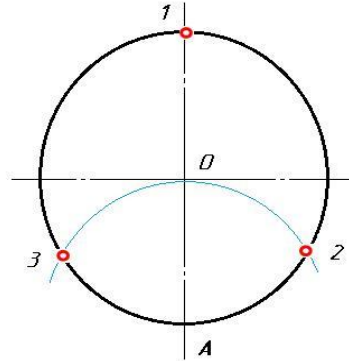


Рис. 4. Деление окружности на 3 равные части.

Деление окружности на шесть равных частей. Сторона правильного шестиугольника, вписанного в окружность, равна радиусу окружности (рис. 5.).

Для деления окружности на шесть равных частей надо из точек 1 и 4 пересечения центральной линии с окружностью сделать на окружности по две засечки радиусом R , равным радиусу окружности. Соединив полученные точки отрезками прямых, получим правильный шестиугольник.

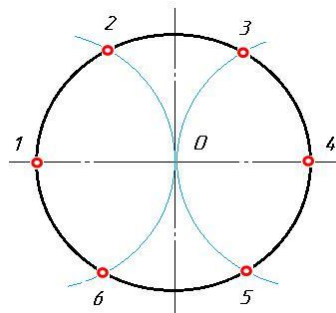


Рис. 5. Деление окружности на 6 равных частей

Деление окружности на двенадцать равных частей.

Чтобы разделить окружность на двенадцать равных частей, надо окружность поделить на четыре части взаимно перпендикулярными диаметрами. Приняв точки пересечения диаметров с окружностью A, B, C, D за центры, величиной радиуса проводят четыре дуги до пересечения с окружностью. Полученные точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и точки A, B, C, D разделяют окружность на двенадцать равных частей (рис. 6).

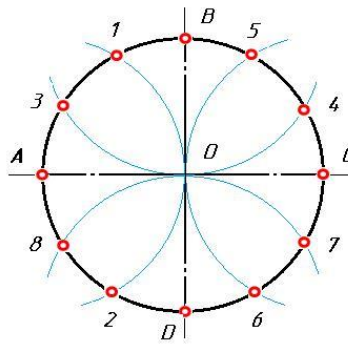


Рис. 6. Деление окружности на 12 равных частей

Деление окружности на пять равных частей

Из точки **A** проведем дугу тем же радиусом, что и радиус окружности до пересечения с окружностью – получим точку **B**. Опустив перпендикуляр с этой точки – получим точку **C**. Из точки **C** – середины радиуса окружности, как из центра, дугой радиуса **CD** сделаем засечку на диаметре, получим точку **E**. Отрезок **DE** равен длине стороны вписанного правильного пятиугольника. Сделав радиусом **DE** засечки на окружности, получим точки деления окружности на пять равных частей.

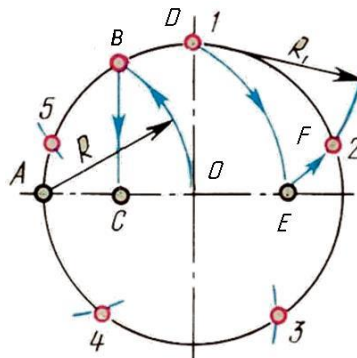


Рис. 7. Деление окружности на 5 равных частей

Деление окружности на десять равных частей

Разделив окружность на пять равных частей, легко можно разделить окружность и на 10 равных частей. Проведя прямые от получившихся точек через центр окружности до противоположных сторон окружности – получим ещё 5 точек.

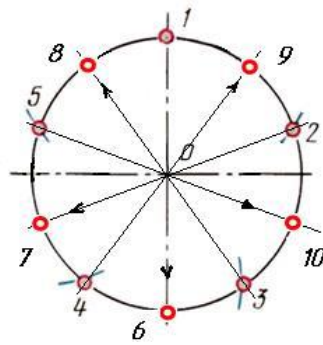


Рис. 8. Деление окружности на 10 равных частей

Деление окружности на семь равных частей

Чтобы разделить окружность радиуса R на 7 равных частей, из точки пересечения центральной линии с окружностью (например, из точки A) описывают как из центра дополнительную дугу **этим же** радиусом R – получают точку B . Опустив перпендикуляр с точки B – получим точку C . Отрезок BC равен длине стороны вписанного правильного семиугольника.

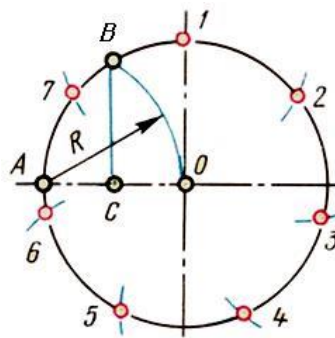


Рис. 9. Деление окружности на 7 равных частей

Сопряжение

Сопряжением называется плавный переход одной линии в другую.

Для построения сопряжения надо найти:

1. центры сопряжений, из которых проводят дуги;
2. точки сопряжений, в которых одна линия переходит в другую (при построении контура изображения сопрягающиеся линии нужно доводить точно до этих точек);
3. радиус сопряжения (обычно он задан).

Сопряжения бывают нескольких видов:

- 1) сопряжение **двух прямых**, расположенных:
 - а) под прямым углом;
 - б) под острым углом;

- в) под тупым углом;
- г) параллельно.

2) сопряжение **прямой и дуги**:

- а) проведение касательной к окружности от точки, принадлежащей окружности;
- б) проведение касательной к окружности от точки, не принадлежащей окружности;
- в) сопряжение дуги и прямой линии дугой заданного радиуса.

3) сопряжение **двух дуг**:

- а) внешнее сопряжение;
- б) внутреннее сопряжение;
- в) смешанное сопряжение.

Разберём все по-порядку.

Сопряжение двух прямых, расположенных под прямым углом дугой окружности заданного радиуса.

При выполнении чертежей деталей, выполняют построение сопряжения двух сторон угла дугой окружности заданного радиуса (рис.2).

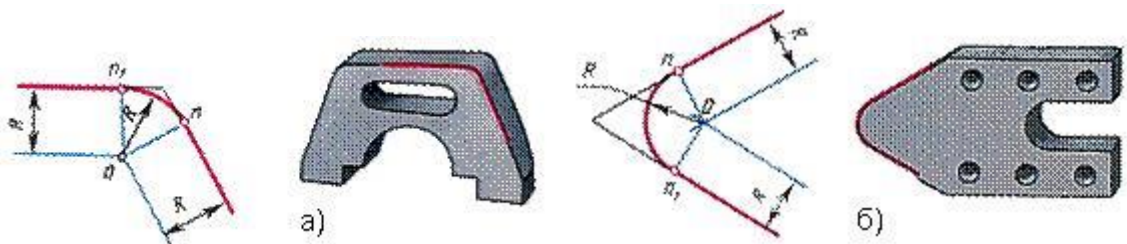


Рис. 2

а)сопряжение сторон острого угла; б) сопряжение сторон тупого угла. Даны прямые линии под прямым, острым и тупым углами (рис. 3, 4, 5). Нужно построить сопряжения этих прямых дугой заданного радиуса R.

Для всех трех случаев применяют общий способ построения.

1. Находят точку O - центр сопряжения, который должен лежать на расстоянии R от сторон угла в точке пересечения прямых, проходящих параллельно сторонам угла на расстоянии >R от них (рис. 3, 4, 5). Для построения прямых, параллельных сторонам угла, из произвольных точек, взятых на прямых, раствором циркуля, равным R, делают засечки и к ним проводят касательные.

2. Находят точки сопряжений, для этого опускают перпендикуляры из точки O на заданные прямые.

3. Из точки O , как из центра, описывают дугу заданного радиуса R между точками сопряжений (рис. 3, 4, 5).

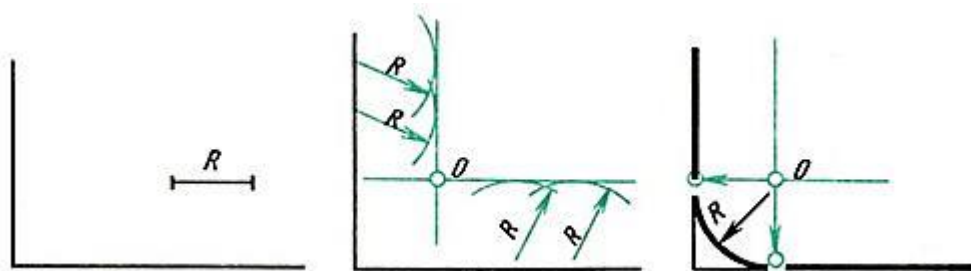


Рис. 3. Сопряжение прямого угла

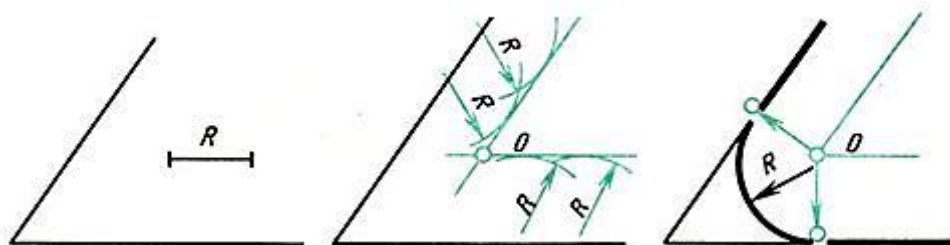


Рис. 4. Сопряжение острого угла

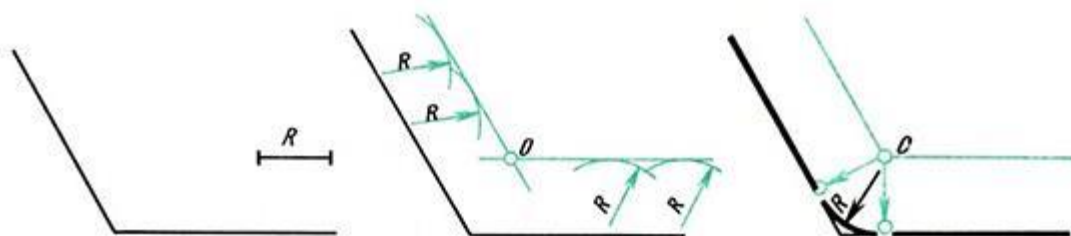


Рис.5. Сопряжение тупого угла

Сопряжение двух параллельных прямых <

Заданы две параллельные прямые и на одной из них точка сопряжения m (рис. 6,а). Требуется построить сопряжение.

Построение выполняют следующим образом:

1. Находят центр сопряжения и радиус дуги (рис. 6,б). Для этого из точки m на одной прямой проводят перпендикуляр до пересечения с другой прямой в точке n . Отрезок делят пополам (см. здесь).

2. Из точки O - центра сопряжения радиусом $O_m = O_n$ описывают дугу до точек сопряжения m и n (рис. 6, в).

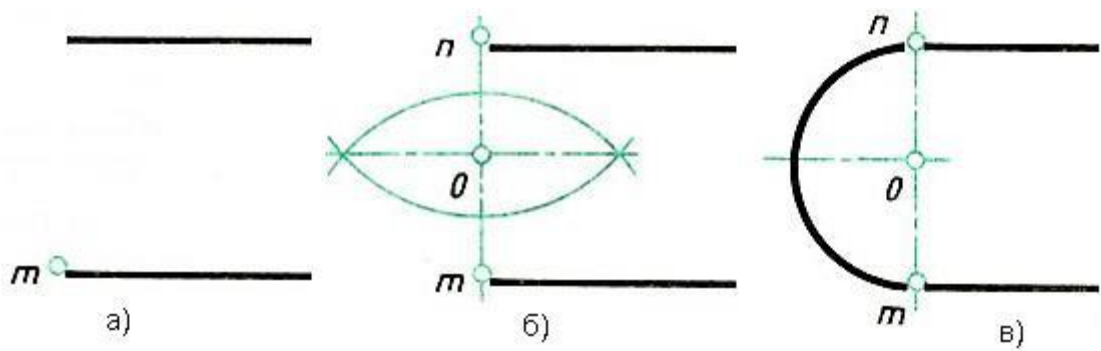


Рис.6. Сопряжение двух параллельных прямых

Сопряжения прямой с дугой окружности

Проведение касательной к окружности от точки, принадлежащей окружности

Если задана окружность и надо построить касательную к этой окружности в заданной точке, то строят перпендикуляр к прямой, проходящий через центр окружности и заданную точку (рис.7).

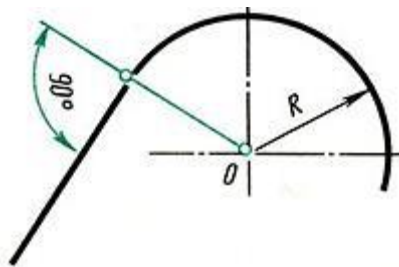


Рис. 7

Проведение касательной к окружности от точки, не принадлежащей окружности

Задана окружность с центром O и точка A (рис. 8, а). Требуется провести из точки A касательную к окружности.

1. Точку A соединяют прямой с заданным центром O окружности.

Строят вспомогательную окружность диаметром, равным O_1A (рис. 8, а). Чтобы найти центр O_1 - делят отрезок OA пополам (см. здесь).

2. Точки m и n пересечения вспомогательной окружности с заданной - искомые точки касания. Точку A соединяют прямой с точками m или n (рис. 8, б). Прямая Am будет перпендикулярна к прямой Om , так как угол AmO опирается на диаметр.

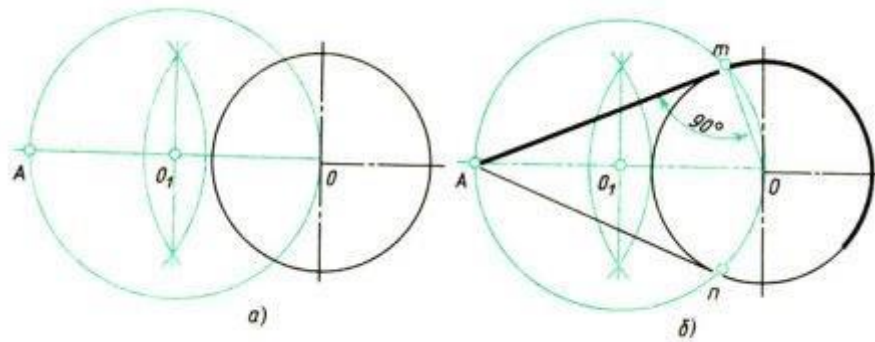


Рис. 8. Построение касательной к окружности

Проведение прямой, касательной к двум окружностям

Заданы две окружности радиусом R и R_1 . Требуется построить касательную к ним.

Различают два случая касания: *внешнее* (рис. 9, б) и *внутреннее* (рис. 9, в).

При внешнем касании построение выполняют следующим образом:

1. Из центра O проводят вспомогательную окружность радиусом, равным разности радиусов заданных окружностей, т. е. $R - R_1$ (рис. 9, а). К этой окружности из центра O_1 проводят касательную O_1m . Построение касательной показано на рис. 8.

2. Радиус, проведенный из точки O в точку n , продолжают до пересечения в точке m с заданной окружностью радиусом R . Параллельно радиусу O_1m проводят радиус O_1p меньшей окружности. Прямая, соединяющая точки сопряжений m и p , касательная к заданным окружностям (рис. 9, б).

При внутреннем касании построение проводят аналогично, но вспомогательную окружность проводят радиусом, равным сумме радиусов $R + R_1$ (см. рис. 9, в). Затем из центра O_1 проводят касательную к вспомогательной окружности (см. рис. 8). Точку n соединяют радиусом с центром O . Параллельно радиусу On проводят радиус O_1p меньшей окружности. Искомая касательная проходит через точки сопряжений m и p .

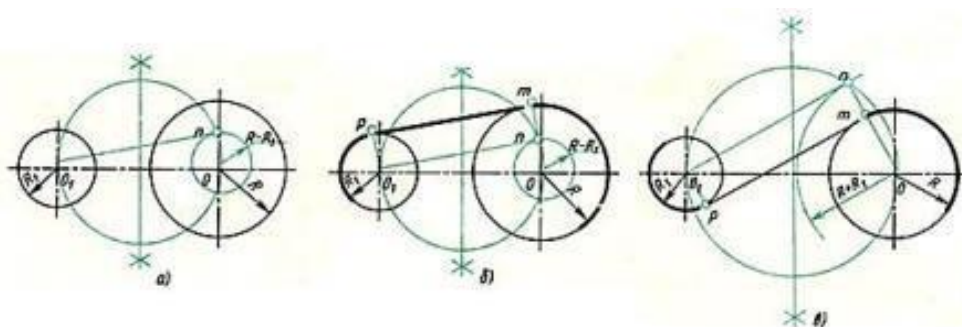


Рис. 9. Построение касательной к двум окружностям

Сопряжение дуги и прямой линии дугой заданного радиуса

Заданы дуга окружности радиусом R и прямая. Требуется соединить их дугой радиусом R_1 .

1. Находят центр сопряжения (рис. 10,а), который должен находиться на расстоянии R_1 от дуги и от прямой. Такому условию соответствует точка пересечения прямой линии, параллельной заданной прямой, проходящей от нее на расстоянии R_1 , и вспомогательной дуги, отстоящей от заданной также на расстоянии R_1 . Поэтому проводят вспомогательную прямую, параллельную заданной прямой, на расстоянии, равном радиусу сопрягающей дуги R_1 (рис. 10, а). Раствором циркуля, равным сумме заданных радиусов $R + R_1$, описывают из центра O дугу до пересечения с вспомогательной прямой. Полученная точка O_1 - центр сопряжения.

2. По общему правилу находят точки сопряжения (рис. 10, б). Соединяют прямой центры сопрягаемых дуг O_1 и O . Опускают из центра сопряжения O_1 перпендикуляр на заданную прямую.

3. Из центра сопряжения O_1 между точками сопряжения m и n проводят дугу, радиус которой равен R_1 (см. рис. 10, б).

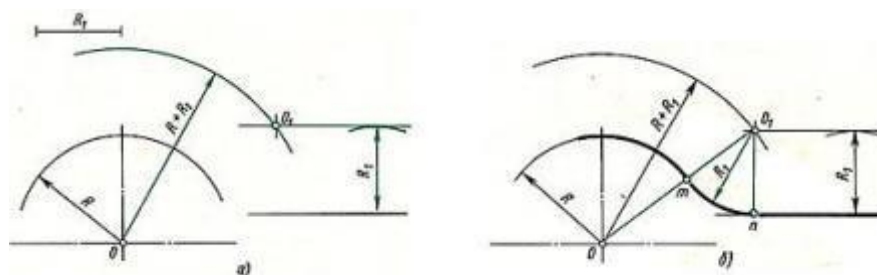


Рис. 10. Сопряжение дуги окружности и прямой

Сопряжение двух дуг окружности дугой заданного радиуса

Заданы две дуги радиусами R_1 и R_2 . Требуется построить сопряжение дугой, радиус которой задан.

Различают три случая касания: внешнее, внутреннее и смешанное.

При *внешнем* сопряжении центры O_1 и O_2 сопрягаемых дуг радиусов R_1 и R_2 находятся вне сопрягающей дуги радиуса R (рис. 11, а).

При *внутреннем* сопряжении центры O_1 и O_2 сопрягаемых дуг находятся внутри сопрягающей дуги радиуса R (рис. 11, б).

При *смешанном* сопряжении центр O_1 одной из сопрягаемых дуг лежит внутри сопрягающей дуги радиуса R , а центр O_2 другой сопрягаемой дуги вне ее (рис.13).

Во всех случаях центры сопряжений должны быть расположены на расстоянии, равном радиусу дуги сопряжения, от заданных дуг. По общему правилу на прямых, соединяющих центры сопрягаемых дуг, находят точки сопряжения.

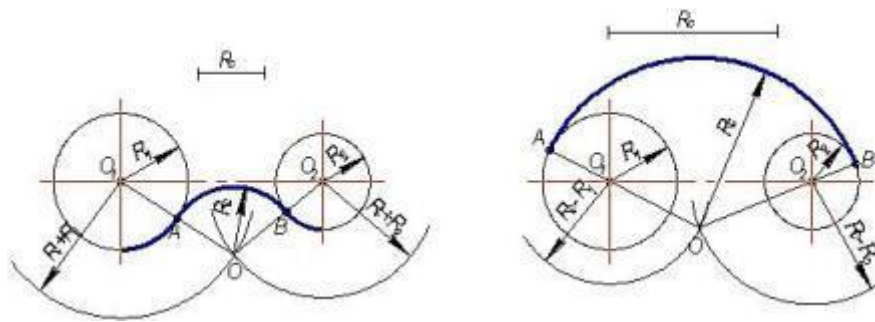


Рис. 11. Сопряжение дуг окружностей

а) внешнее сопряжение; б) внутреннее сопряжение

Ниже приведен порядок построения для внешнего и внутреннего сопряжения.

Для внешнего сопряжения:

1. Из центров O_1 и O_2 раствором циркуля, равным сумме радиусов заданной и сопрягающей дуг, проводят вспомогательные дуги (рис. 12,а); радиус дуги, проведенной из центра O_1 , равен $R + R_3$, а радиус дуги, проведенной из центра O_2 , равен $R_2 + R_3$. На пересечении вспомогательных дуг расположен центр сопряжения - точка O_3 .

2. Соединив прямыми точку O_1 с точкой O_3 и точку O_2 с точкой O_3 , находят точки сопряжения m и n (см. рис. 12, б),

3. Из точки O_3 раствором циркуля, равным R_3 , между точками m и n описывают сопрягающую дугу.

Для внутреннего сопряжения выполняют те же построения, но радиусы дуг берут равными разности радиусов сопрягающей и заданной дуг, т.е. $R_4 - R_1$ и $R_4 - R_2$. Точки сопряжения p и k лежат на продолжении линий, соединяющих точку O_4 с точками O_1 и O_2 .

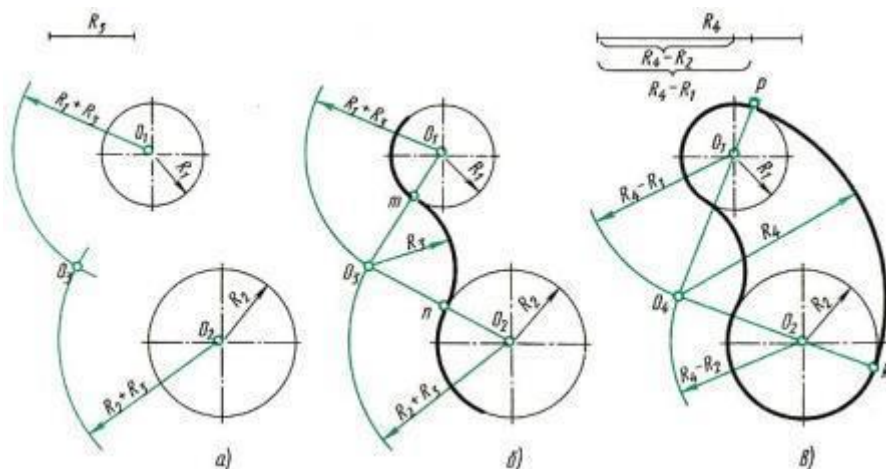


Рис. 12. Сопряжение двух дуг окружности

Построение смешанного сопряжения

Заданы две дуги радиусами R_1 и R_2 с заданным расстоянием между центрами. Требуется построить сопряжение дугой, радиус которой задан.

По заданному расстоянию между центрами на чертеже намечают центры O_1 и O_2 , из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2 . Из центра O_1 проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным разности радиусов сопрягающей R и сопрягаемой дуги R_1 , а из центра O_2 - радиусом, равным сумме радиусов R и R_2 . Вспомогательные дуги пересекутся в точке O , которая будет искомым центром сопрягающей дуги.

Соединив точки O и O_1 прямой, находят точку сопряжения A ; соединив точки O и O_2 , получают точку сопряжения B . Из центра O проводят дугу сопряжения от A до B .

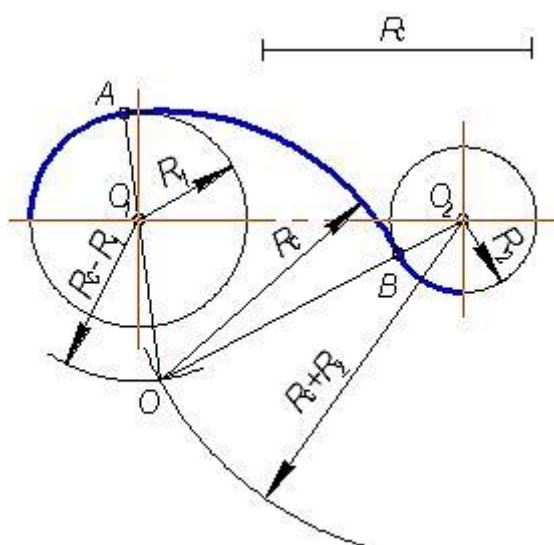


Рис. 13. Смешанное сопряжение

Для точного и правильного выполнения чертежей необходимо уметь выполнять построения сопряжений, которые основаны на двух положениях.

1. Для сопряжения прямой линии и дуги необходимо, чтобы центр окружности, которой принадлежит дуга, лежал на перпендикуляре к прямой, восставленном из точки сопряжения.

2. Для сопряжения двух дуг необходимо, чтобы центры окружностей, которым принадлежат дуги, лежали на прямой, проходящей через точку сопряжения.

При вычерчивании контура детали необходимо разобраться, где имеются плавные переходы, и представить себе, где надо выполнить те или иные виды сопряжения.

Для приобретения навыков построения сопряжения выполняют упражнения по вычерчиванию контуров сложных деталей. Перед упражнением необходимо

просмотреть задание, наметить порядок построения сопряжений и только после этого приступить к выполнению построений.

Нахождение точек сопряжения показано на рисунке 14.

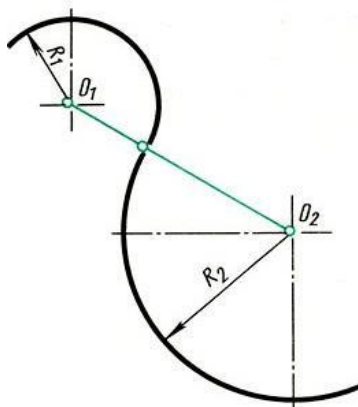


Рис. 14. Нахождение точек сопряжения

Разъемные и неразъемные соединения

Разъемными называются соединения, которые можно разобрать без разрушения соединяемых и соединяющих элементов.

К ним относятся:

- Резьбовые соединения, осуществляемые непосредственным свинчиванием деталей или с помощью крепежных элементов (болтов, винтов, шпилек, гаек).
- Шлицевые соединения.
- Соединения штифтами и клиньями.

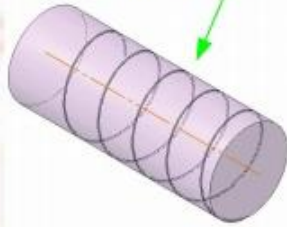
Неразъемными называются соединения, которые невозможно разобрать без разрушения составных частей:

- Соединения сваркой.
- Соединения заклепками.
- Соединения пайкой.
- Клеевые соединения.

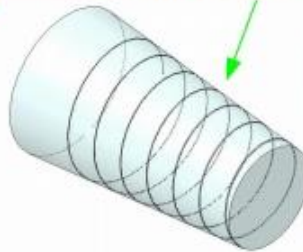
Резьба.

Резьба — поверхность, образованная винтовым движением плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

Цилиндрическая
винтовая линия

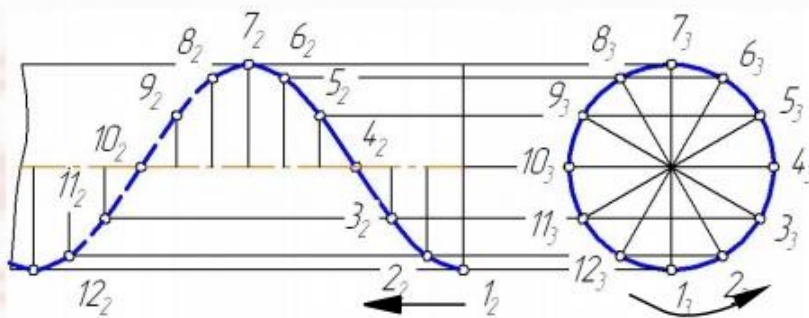
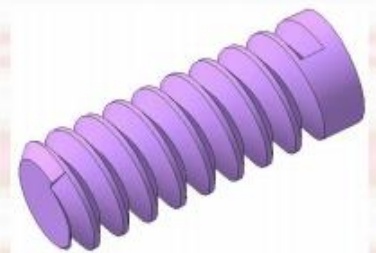


Коническая
винтовая линия



Винтовая линия — пространственная кривая. Она получается в результате равномерного движения точки вдоль образующей поверхности с одновременным вращением ее вокруг оси поверхности.

Резьба



Изображение внутренней резьбы

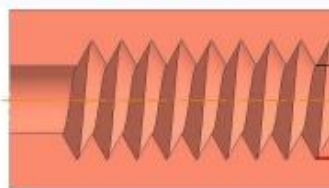
Внутренняя резьба — резьба нарезанная в отверстии детали.

Условное изображение «детали» с внешней резьбой

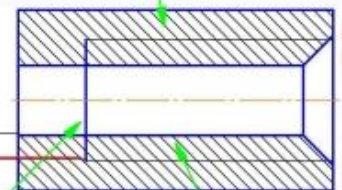
«Деталь»-заготовка



«Деталь» с внутренней резьбой



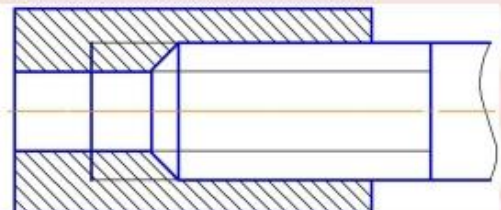
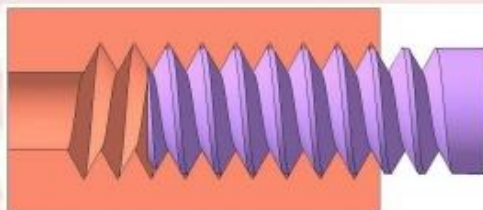
Внешний (номинальный) диаметр резьбы (сплошная тонкая линия)



Граница резьбы (сплошная основная линия)

Внутренний диаметр (сплошная основная линия)

Резьбовое соединение

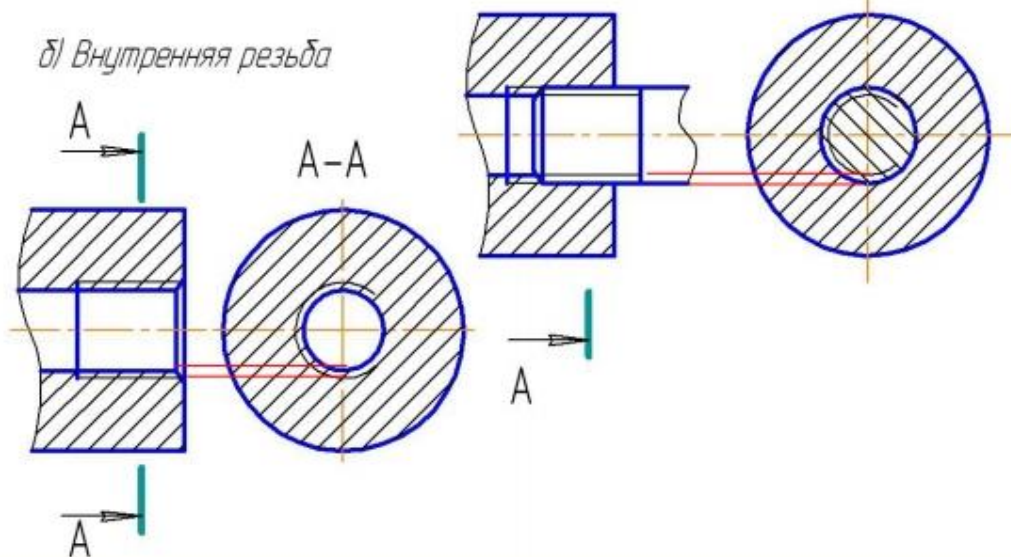


Изображение резьбы

а) Внешняя резьба

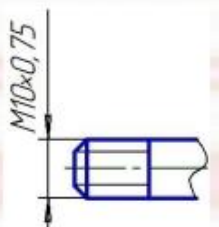


б) Внутренняя резьба



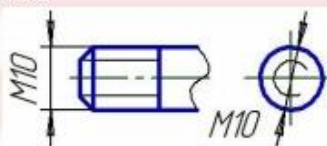
Обозначение резьбы

Метрическая резьба



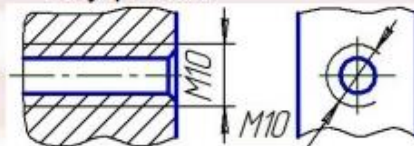
с мелким шагом

внешняя



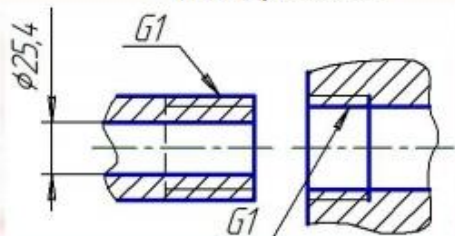
с крупным шагом

внутренняя

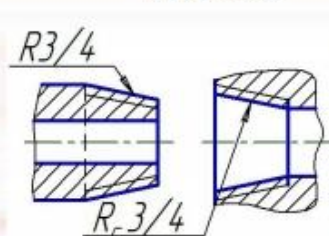


Трубная резьба

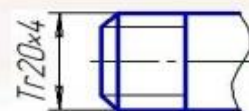
цилиндрическая



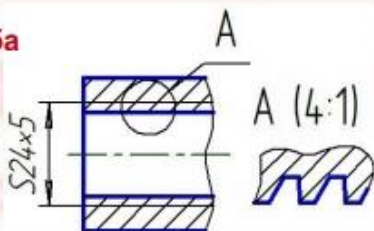
коническая



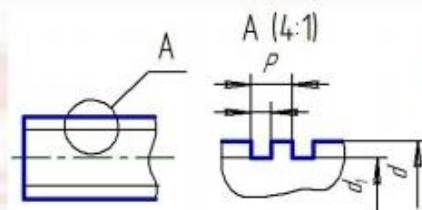
Трапецеидальная резьба



Упорная резьба

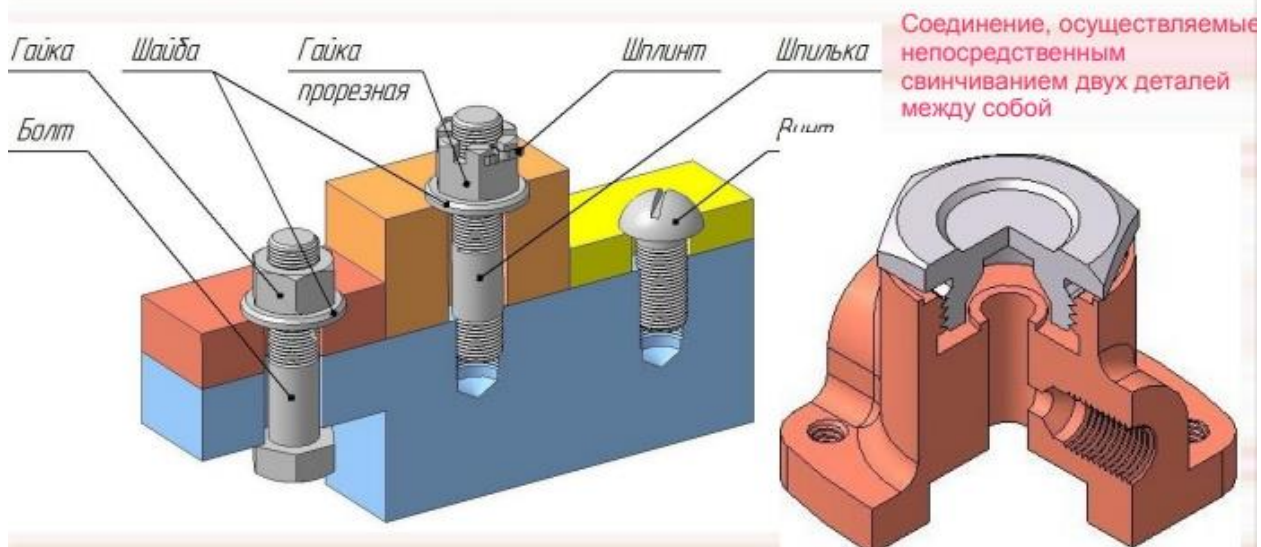


Прямоугольная



Резьбовые соединения

Соединение деталей с помощью стандартных крепежных элементов

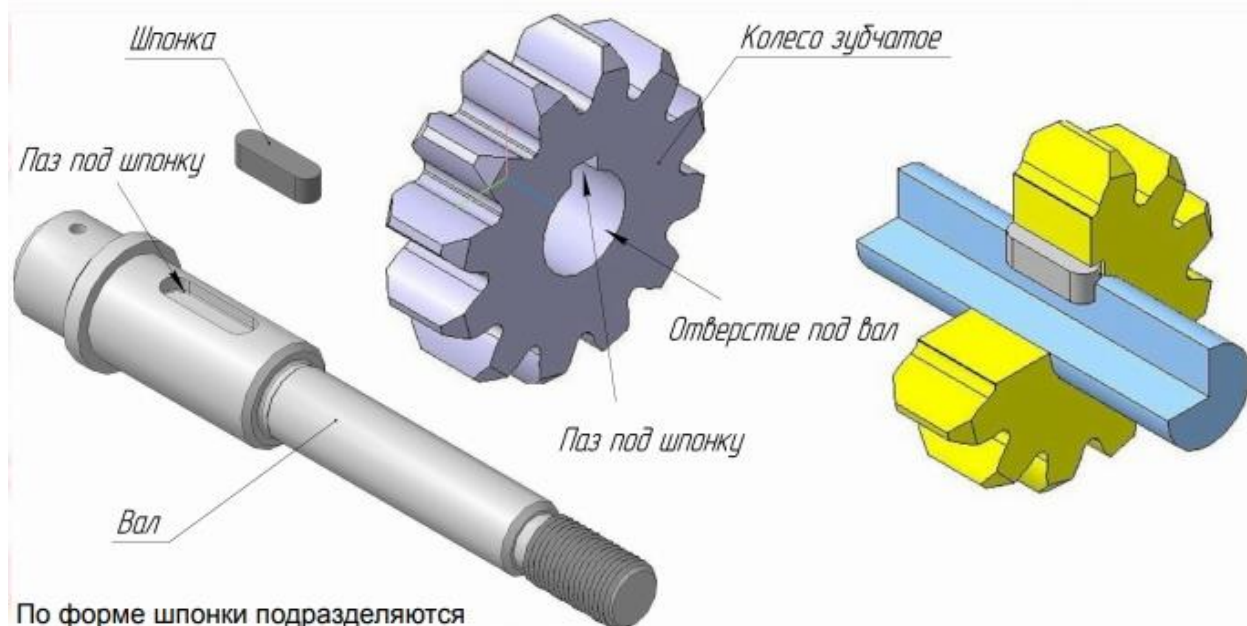


Выбор того или иного вида соединения зависит от требований, предъявляемых к нему, и конструкции соединяемых деталей.

Резьбовые соединения обеспечивают надежность соединения деталей, удобство сборки и разборки.

Состав шпоночного соединения

Шпоночные соединения служат для передачи крутящего момента с вала на соединяемую с ним деталь (втулку, зубчатое колесо, шкив и т.п.).

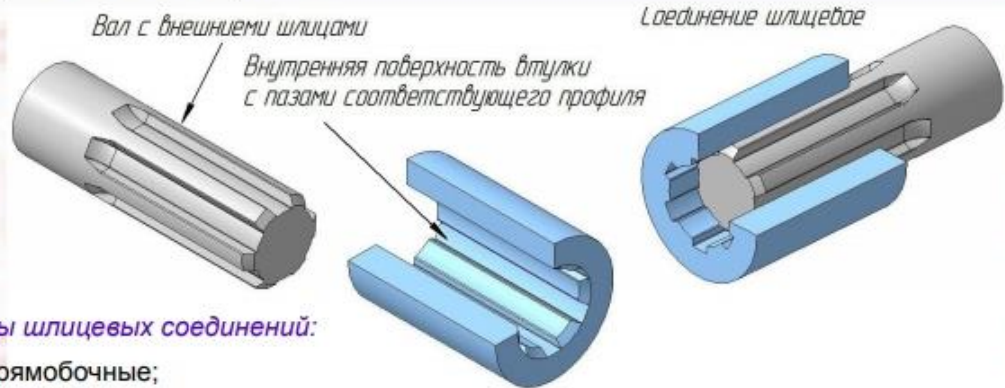


По форме шпонки подразделяются на **призматические, сегментные и клиновые**. Размеры и форма шпонок стандартизированы и зависят от диаметра вала и условий работы в изделии.

Соединения шлицевые

Шлицевые соединения служат для передачи крутящего момента от вала к втулке, зубчатому колесу и т. п.

Шлицевое соединение состоит из вала и соединяемой с ним детали, с выполненными на нем и в отверстии детали рядом радиально расположенных зубьев.



Типы шлицевых соединений:

- ▶ прямобочные;
- ▶ эвольвентные;
- ▶ треугольные.

Преимущества шлицевых соединений перед шпоночными:

- ▶ большая прочность;
- ▶ возможность передачи большего крутящего момента;
- ▶ хорошее центрирование;
- ▶ легкость перемещение детали в продольном направлении.

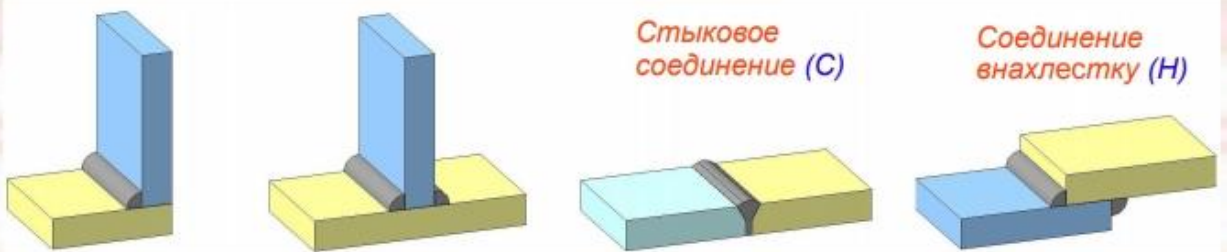
Виды сварных соединений и типы швов

Угловое
соединение (У)

Тавровое
соединение (Т)

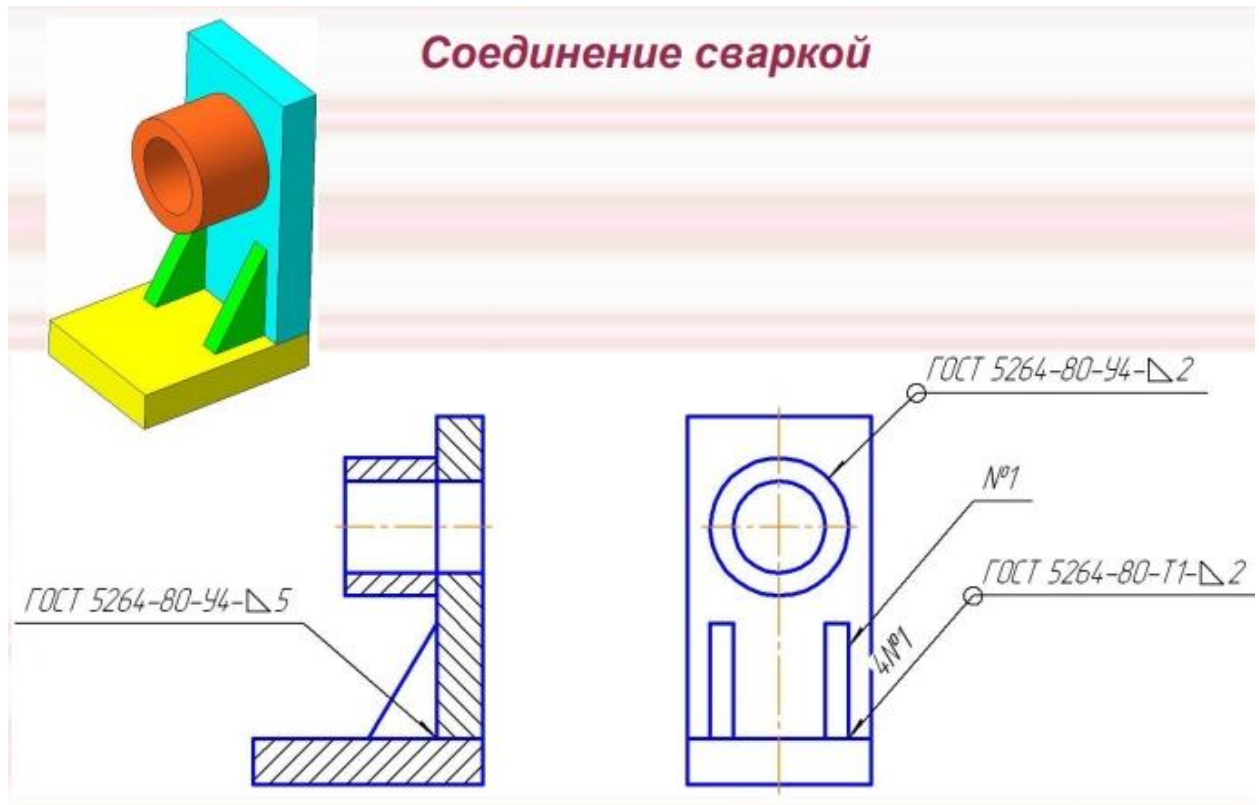
Стыковое
соединение (С)

Соединение
внахлестку (Н)



В зависимости от требований, предъявляемых к сварному соединению, свариваемые детали могут быть подготовлены без скоса кромок, со скосом одной кромки, двух кромок, с двумя скосами одной кромки.

Соединение сваркой



Чертеж общего вида и сборочный чертеж

Общие сведения

При конструировании сложных машин, устройств и механизмов приходится выполнять чертежи сборочных единиц – изделий, составные части которых подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, опрессовкой и т. п.). К таким изделиям относятся, например, автомобиль, трактор, станок, сварная или армированная конструкция. На стадии конструирования таких изделий используют чертежи общих видов и сборочные чертежи изделий, которые впоследствии служат исходным материалом для вычерчивания составных элементов (детализирование), определения допусков и посадок при взаимном соединении деталей и т. п.

Чертеж общего вида

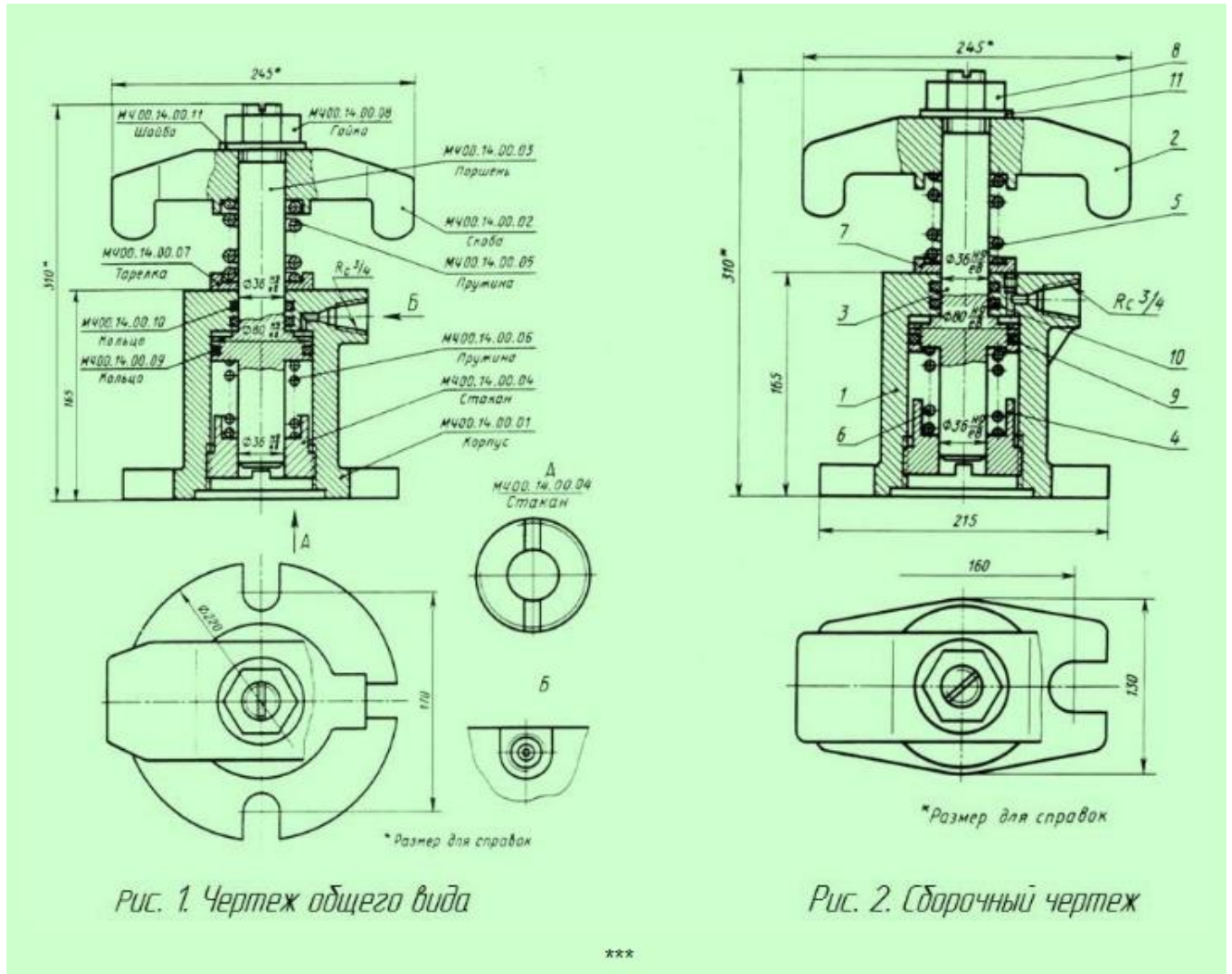
Чертеж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия (агрегата, механизма, узла и т. п.). Чертеж общего вида выполняется так, чтобы по нему можно было без дополнительных разъяснений разработать рабочую конструкторскую документацию – рабочие чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификацию. Изображения на чертежах общих видов выполняются с максимальными упрощениями, устанавливаемыми ЕСКД для рабочих чертежей.

Наименование и обозначение составных частей изделий на чертеже общего вида указывается на полках выносных линий или в таблице, располагаемой непосредственно на чертеже или на отдельном листе формата А4. При этом на полках выносных линий указываются номера позиций составных частей, включенных в таблицу. Характерный признак чертежа общего вида – отсутствие спецификации, которая будет разрабатываться во второй, рабочей части конструкторской документации для сборочного чертежа изделия.

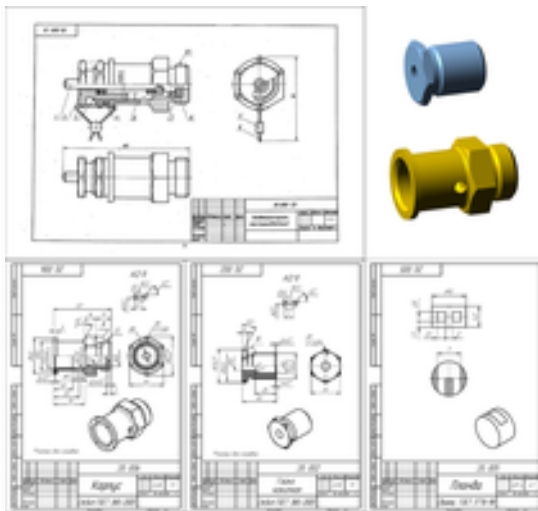
Сборочный чертеж

Сборочный чертеж разрабатывается на основе чертежа общего вида и входит в комплект рабочей конструкторской документации, предназначается непосредственно для производства. По сборочному чертежу определяется соединение изготовленных деталей в сборочные единицы.

Сборочный чертеж должен содержать изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей и способах их соединения, обеспечивающих возможность сборки и контроля сборочной единицы. Как правило, сборочный чертеж не имеет подробностей изображения, как чертеж общего вида. В качестве сравнения на рисунке ниже приведен чертеж общего вида и сборочный чертеж гидравлического прихвата.



Детализирование чертежа



Деталированием называется выполнение рабочих чертежей детали по чертежу общего вида.

Деталирование – это не простое копирование изображения деталей, а сложная творческая работа, включающая индивидуальную оценку сложности форм каждой детали и принятие наилучшего для нее графического решения: выбор главного изображения, количества и содержания изображений. Размеры деталей измеряют на чертеже с учетом масштаба, указанного основной надписи. Исключение составляют размеры, нанесенные на сборочном чертеже. Размеры стандартных элементов (резьб, конусностей, «под ключ» и др.) уточняются по соответствующим стандартам.

Процесс деталирования целесообразно разделить на три этапа: чтение чертежа общего вида, подробное выявление геометрических форм деталей и выполнение рабочих чертежей деталей.

1. Чтение чертежа общего вида.

Результатом чтения чертежа общего вида должно быть уяснение состава деталей, входящих в сборку, их взаимного расположения и способов соединения, взаимодействия, конструктивного назначения каждой детали в отдельности и изделия в целом.

2. **Подробное выявление геометрических форм деталей**, подлежащих вычерчиванию, с целью правильного выбора главного изображения, количества и содержания других изображений на рабочих чертежах. По мере выявления форм деталей следует решать вопрос о выборе главного изображения и необходимости выполнения других изображений для каждой детали, выбрать масштаб изображения, формат.

3. Выполнение рабочих чертежей деталей.

- произвести компоновку чертежа, т.е. наметить размещение всех изображений детали на выбранном формате.
- в тонких линиях вычертить необходимые виды, разрезы, сечения и выносные элементы.
- провести выносные и размерные линии. Определить истинные размеры элементов детали и проставить их на чертеже. Особое внимание обратить на то, чтобы размеры сопряженных деталей не имели расхождений. Определить необходимые конструктивные и технологические элементы (фаски, проточки, уклоны и пр.), которые на чертежах общего вида не изображаются. Размеры выявленных конструктивных элементов определять не по чертежу общего вида, а по соответствующим стандартам на эти элементы.
- проставить шероховатость, исходя из технологии изготовления детали или ее

назначения.

- обвести чертеж и выполнить штриховку разрезов и сечений.
- проверить чертеж и, если необходимо, внести исправления.
- заполнить основную надпись, записать технические требования

Спецификация сборочного чертежа

ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА СБОРКИ НА ОТДЕЛЬНЫХ ЛИСТАХ ФОРМАТОМ А4 ЗАПОЛНЯЮТ СПЕЦИФИКАЦИИ. ФОРМА И ПОРЯДОК ЗАПОЛНЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНА ГОСТ-ОМ 2.108–68.

1) заглавный лист спецификации имеет основную надпись по форме:

3. сборочные единицы;
4. детали;
5. стандартные изделия;
6. прочие изделия;
7. материалы;
8. комплекты.

Наличие указанных разделов в спецификации определяют только по составу изделия.

Спецификация для учебных сборочных чертежей, имеет упрощенный вид и состоит из следующих разделов:

1. документация (сборочный чертеж)
2. сборочные единицы (если они есть);
3. детали;
4. стандартные изделия;
5. материалы (если они есть).

Порядок заполнения спецификации следующий:

- наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе "Наименование" и подчеркивают тонкой линией;
- ниже каждого заголовка оставляют одну свободную строку, выше – не менее одной свободной строки;
- в раздел "Документация" – вносят конструкторские документы на сборочную единицу;
- в разделы "Сборочные единицы" и "Детали" – вносят те составные части сборочной единицы, которые непосредственно входят в неё.
- В каждом из этих разделов составные части записывают по их наименованию;
- в раздел "Стандартные изделия" – записывают изделия, применяемые по государственным, отраслевым или республиканским стандартам;

- в раздел "Материалы" – вносят все материалы, непосредственно входящие в сборочную единицу;

Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Боголюбов С.К., Инженерная графика. - М., изд. Машиностроение, 2007 - 334с
2. Боголюбов. С.К., Индивидуальные задания по инженерной графике. - М., Высшая школа, 2010 -277 с.
3. Кириллов. А.Ф., Черчение и рисование: Учебник для техникумов. - М. Высшая школа, 2008 - 375 с.
4. ЕСКД. Основные положения. - М. Издательство стандартов, 1985. - 343 с
5. ГОСТ 21.1101-\$. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации.
6. ГОСТ 21.501 - 93. СПДС. Правила выполнения архитектурно- строительных чертежей.
7. ГОСТ 21.205 - 93. СПДС. Условные графические обозначения санитарно-технических устройств.

Дополнительные источники:

1. Будасов Б.В., Георгиевский О.В., Каминский В.П., Строительное черчение. - М. Архитектура - С, 2007 - 377 с.
2. Миронова, Р.С., Миронов. Б.Г., Сборник заданий по инженерной графике. М., Высшая школа, 2008 - 156 с.
3. Миронова Р.С., Миронов. Б.Г., Инженерная графика. - М., Высшая школа, 2008 . -280 с.

Интернет-ресурсы:

1. https://graph.power.nstu.ru/wolchin/umm/eskd/eskd/GOST/2_305.htm
2. https://kpfu.ru/staff_files/F452674618/Lekcii_IG__18.docx.pdf
3. <http://alldrawings.ru/yroki-cherchenia/category/черчение>

При выполнении заданий по инженерной графике в контрольной работе применяют следующие Государственные стандарты:

- ГОСТ 2.104 -68 Основные надписи;
- ГОСТ 2.301-68 Форматы;
- ГОСТ 2.302 -68 Масштабы;
- ГОСТ 2.303-68 Линии;
- ГОСТ 2.304-81 Шрифт;
- ГОСТ 2.305-68 Изображения;
- ГОСТ 2.306 -68 Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертеже.
- ГОСТ ГОСТ 2.307 - 68 Нанесение размеров и предельных отклонений;
- ГОСТ 2.317 -68 Аксонометрические проекции;
- ГОСТ 2,316-68 Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований;

ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы;
ГОСТ 8724-81 Резьба метрическая,
ГОСТ 21.101-97. Основные требования к проектной и рабочей документации;
ГОСТ 21.501-93. Правила выполнения строительных рабочих чертежей.

Содержание

1. Инструменты и приспособления.....	1
2. Форматы.....	2
3. Основные надписи чертежа.....	3
4. Типы линий и их назначение.....	5
5. Чертежный шрифт.....	8
6. Масштабы.....	26
7. Способы проецирования.....	27
8. Метод Монжа. Плоскости проекций.....	32
9. Виды на чертеже. Основные виды.....	35
10. Местный вид.....	38
11. Дополнительный вид.....	39
12. Разрезы простые и сложные.....	40
13. Алгоритм выполнения разрезов.....	45
14. Местный разрез.....	47
15. Соединение половины вида и разреза.....	48
16. Соединение части вида и разреза.....	50
17. Сечения.....	53
18. Комплексный чертеж.....	59
19. Аксонометрические проекции.....	62
20. Построение плоских фигур и окружностей.....	66
21. Технический рисунок.....	72
22. Эскиз детали.....	79
23. Деление окружности на равные части.....	83
24. Сопряжение.....	87
25. Разъемные и неразъемные соединения.....	95
26. Чертеж общего вида и сборочный чертеж.....	100
27. Детализация чертежа.....	101
28. Спецификация сборочного чертежа.....	103
29. Информационное обеспечение обучения.....	107
30. Государственные стандарты.....	107

Перечень графических работ для домашней контрольной работы заочного факультета

Все графические работы выполнять на формате А4 с основной надписью 185 на 55 мм.

Перед выполнением работы прочитать теоретическую часть на соответствующую тему работы в данном пособии.

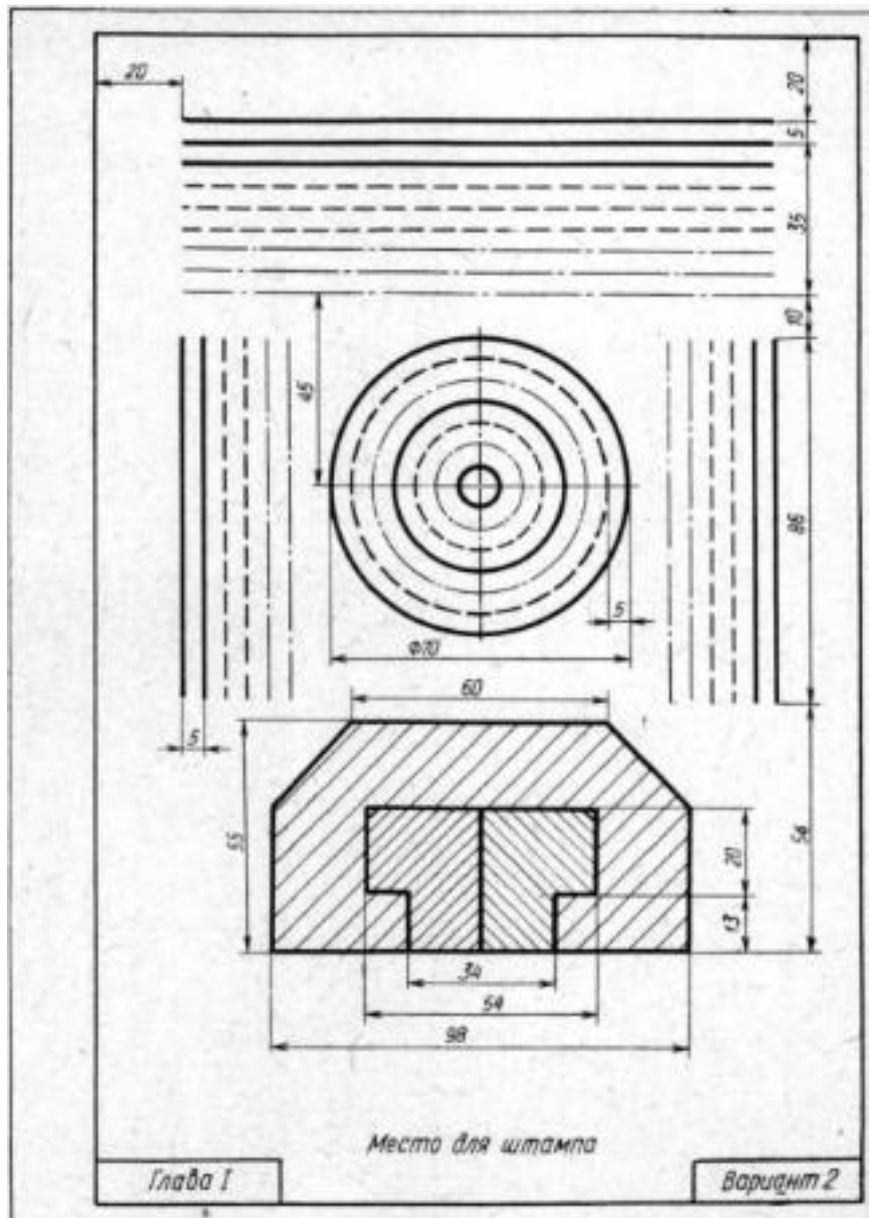
Используйте интернет ресурсы

При выполнении работы следите за толщиной линий чертежа и стандартным шрифтом.

1. Линии чертежа.

Перечертить линии чертежа с учетом их размеров.

Размеры положения линий на формате можно не учитывать и не наносить.



Задание

2. Шрифты чертежные.

Написать 10 шрифтом прописные, строчные буквы и знаки .

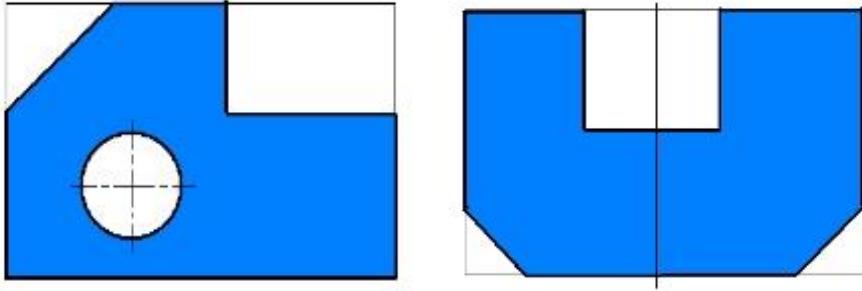


Образец работы. Задание

3. Нанесение размеров на симметричной и несимметричной плоской детали.

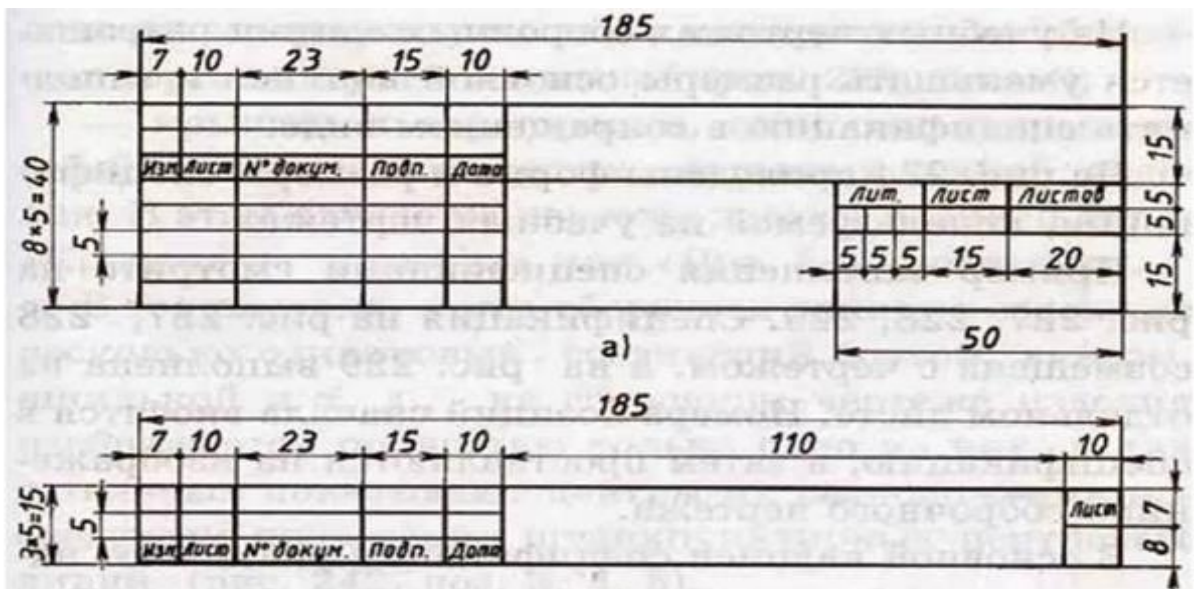
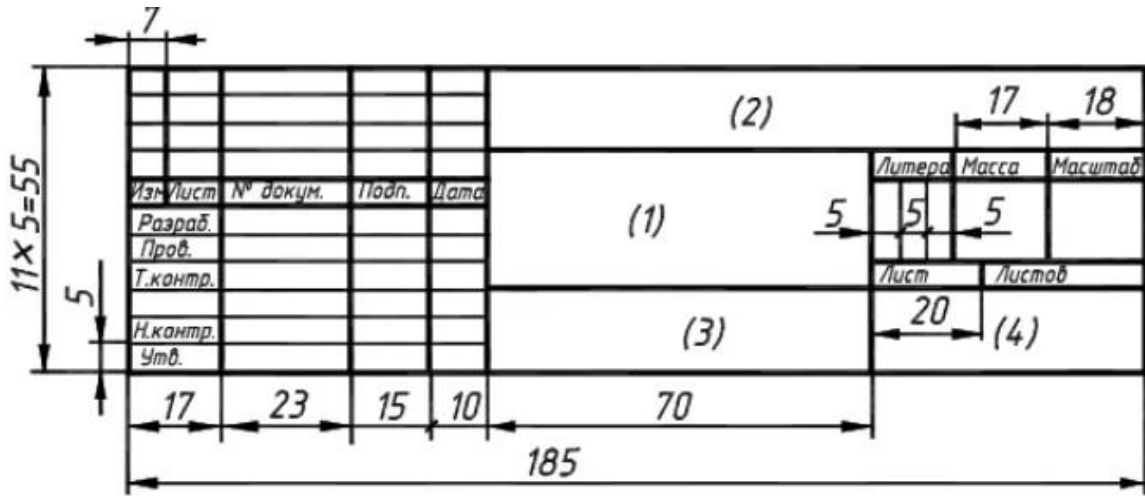
Начертить на одном формате симметричную и несимметричную деталь и нанести необходимые размеры.

Размеры произвольные.



Задание

4. На одном формате перечертить три основные надписи чертежа. Размеры не наносить.

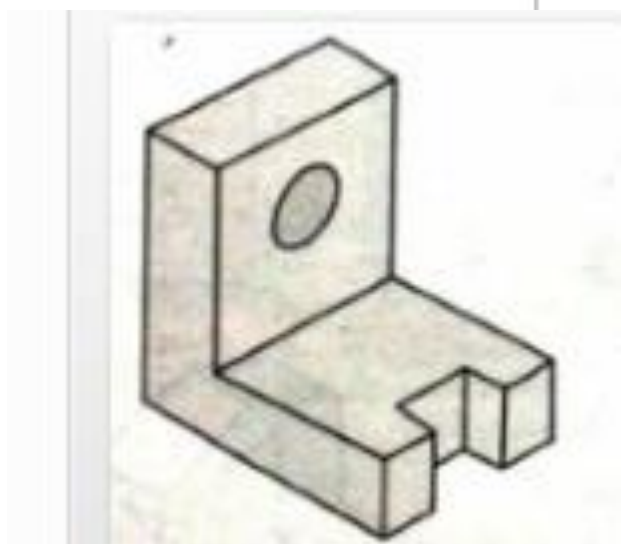
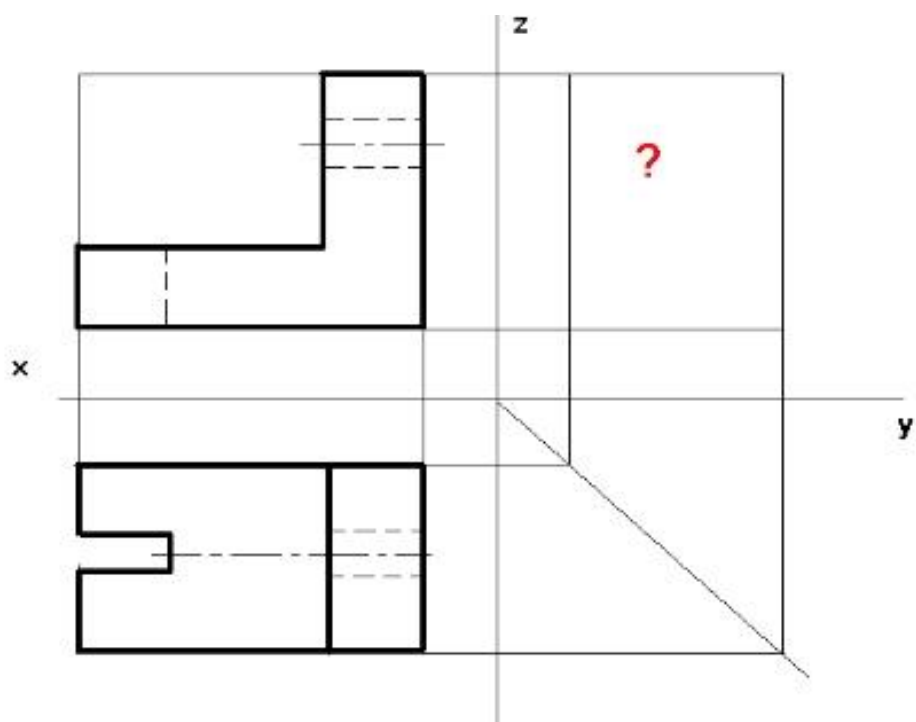


Образец основных надписей. Задание

5. Достроить третий вид модели сбоку.

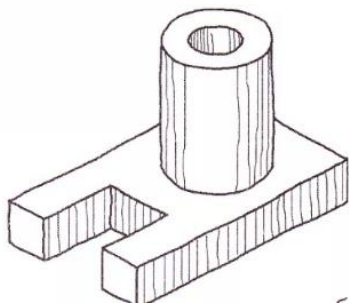
Нанести необходимые размеры.

Размеры произвольные.



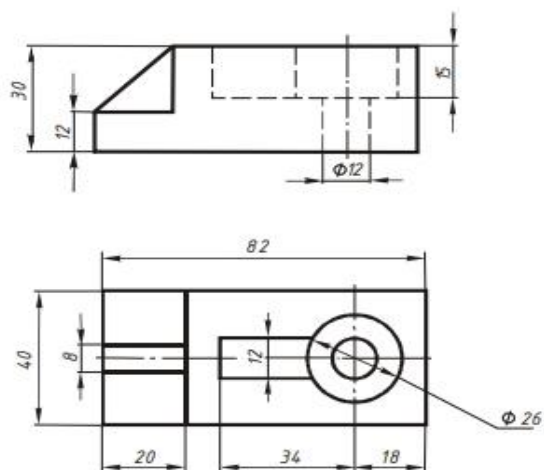
Задание

6. Выполнить технический рисунок модели.



- Задание

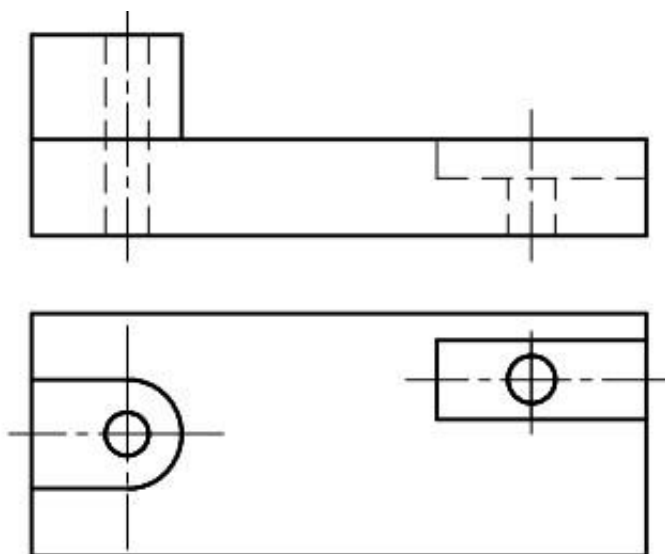
7. Начертить простой разрез модели.



Задание

8. Начертить сложный разрез модели.

Обозначить секущие плоскости.



Задание