

24.62p

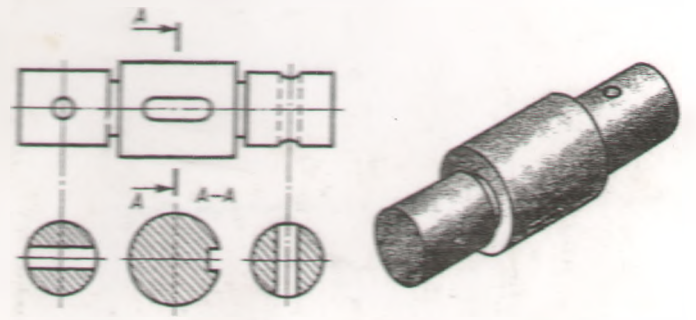
744
П16

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

И.М. Пизнилова, О.Н. Суханова

ОСНОВЫ ЧЕРЧЕНИЯ И ГРАФИКИ

Учебно-методическое пособие
для учащихся факультета РГУПС



Ростов-на-Дону
2017

УДК 744(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Э.С. Бутов

Панфилова, Н.М.

Основы черчения и графики: учебно-методическое пособие для учащихся лицей РГУПС / Н.М. Панфилова, О.Н. Суханова; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 44 с.: ил.

Представлены основные требования стандартов по оформлению чертежей, краткие сведения по геометрическому и проекционному черчению. Изложен метод построения изображений, их наименования, расположение и обозначение на чертеже. Кроме этого, дается описание аксонометрических проекций и способов их построения. Даются рекомендации по технике выполнения изображений карандашом.

При работе с данным учебно-методическим пособием используется учебно-методическое пособие Н.М. Панфиловой, О.Н. Сухановой, Г.С. Рачковской «Практикум по черчению для учащихся лицей РГУПС».

Учебное издание

Панфилова Наталья Михайловна
Суханова Ольга Николаевна

ОСНОВЫ ЧЕРЧЕНИЯ И ГРАФИКИ

Печатается в авторской редакции

Технический редактор М.А. Гончаров

Подписано в печать 30.07.17. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,56.
Тираж 88 экз. Изд. № 50117. Заказ 9328.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.

© Панфилова Н.М., Суханова О.Н., 2017
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Основные положения ГОСТ ЕСКД по оформлению чертежей.....	4
1.1 Форматы.....	4
1.2 Масштабы.....	5
1.3 Линии чертежа.....	6
1.4 Шрифты чертёжные.....	7
2 Основная надпись чертежа.....	10
3 Некоторые сведения о нанесении размеров.....	11
4 Основные геометрические построения.....	15
4.1 Сопряжения.....	15
4.2 Построение перпендикуляров.....	18
4.3 Деление отрезков.....	19
4.4 Деление углов.....	19
4.5 Построение правильных многоугольников.....	20
4.6 Деление окружности на <i>n</i> равных частей.....	21
5 Проекционное черчение.....	22
5.1 Наименование и расположение основных видов.....	23
5.2 Разрезы.....	24
5.3 Сечение.....	28
5.4 Аксонометрические проекции.....	30
5.4.1 Изометрическая проекция.....	31
5.4.2 Диметрическая проекция.....	37
6 Техника работы карандашом.....	42
Библиографический список.....	44

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГОСТ ЕСКД ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – это комплекс стандартов, унифицирующих разработку, оформление и обращение всех видов конструкторской документации, её учёт, хранение и размножение.

Стандарты ЕСКД устанавливают единую терминологию, используемую при выполнении чертежей и проектировании.

Обозначение стандартов ЕСКД построено по классификационному принципу.

Например, ГОСТ 2.304-81 составлен из цифры 2 (единая система конструкторской документации); цифры после точки (3 – общие правила выполнения чертежей); двузначного числа (номер данного стандарта в группе, в данном случае 04 – шрифты чертёжные) и ещё одного двузначного числа после тире (81 указывает год регистрации стандарта – 1981).

1.1 Форматы

Форматом называется размер листа бумаги, на котором выполняют чертежи или конструкторские документы. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной сплошной тонкой линией (рис. 1.1).

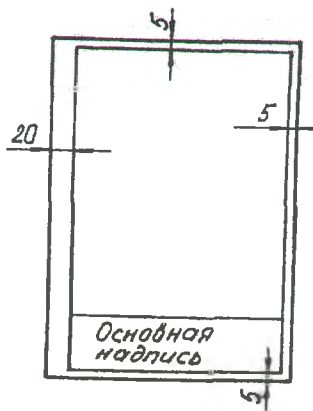


Рис. 1.1. Оформление формата

ГОСТ 2.301-68 устанавливает основные и дополнительные форматы чертежей и других конструкторских документов.

Наибольший основной формат имеет размеры сторон 841×1189 мм. Площадь его равна 1 м². Другие основные форматы получают путём последовательного деления этого формата на две равные части, параллельно его меньшей стороне. Обозначения и размеры сторон основных форматов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Размеры сторон основных форматов

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

При необходимости можно применить формат A5 с размерами сторон 148×210 мм.

Кроме основных, допускаются дополнительные форматы. Они образуются увеличением меньших сторон основных форматов на величину, кратную их размерам (A4×4 – 297×841). Коэффициент увеличения должен быть целым числом.

При выполнении чертежа формат может быть расположен горизонтально или вертикально (по длинной стороне). Формат A4 располагают только вертикально (длинная сторона листа 297 мм размещается вертикально).

На каждом листе бумаги данного формата вычерчивают рамку сплошной толстой линией (толщину принимают в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от сложности и величины изображения и от формата чертежа). Рамка отстоит от края формата слева на 20 мм (для брошюровки чертежа), а сверху, снизу и справа – на расстоянии 5 мм (рис. 1.1).

1.2 Масштабы

В зависимости от сложности и размеров изображаемых на чертеже изделий допускается применять натуральную величину, масштабы уменьшения или увеличения.

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

ГОСТ 2.302-68 устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертеже. Они должны выбираться из следующего ряда:

- масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10 и т. д.;
- масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1 и т. д.;
- натуральная величина: 1:1.

При выполнении учебных чертежей предпочтительным масштабом является натуральный – 1:1.

Масштаб на чертеже должен обозначаться по типу М 1:1; М 1:2; М 2:1 и т.д.

Если масштаб вписывают в предназначенную для этого в основной надписи графу, то букву М из обозначения исключают. Следует всегда помнить, что на чертеже указывают цифрами действительные размеры изделия, независимо от масштаба его изображения.

1.3 Линии чертежа

ГОСТ 2.303-68 устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах. За исходную линию берут сплошную основную линию толщиной $s = 0,5 \dots 1,4$ мм. Толщину остальных линий чертежа устанавливают в зависимости от s . Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии указаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Характеристики линий			
№ п/п	Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии
1	Сплошная толстая основная		s
2	Сплошная тонкая		От $s/3$ до $s/2$
3	Сплошная волнистая		От $s/3$ до $s/2$
4	Штриховая		От $s/3$ до $s/2$
5	Штрих-пунктирная тонкая		От $s/3$ до $s/2$
6	Разомкнутая		От s до $1\frac{1}{2}s$

Сплошную основную линию применяют для изображения видимого контура предмета, линий перехода, линий контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза).

Сплошную тонкую линию применяют для изображения контура наложенного сечения; резьбы по внутреннему диаметру на стержне и по наружному – в отверстиях; контуров пограничных деталей; линий размерных и выносных; линий штриховки; линий ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях; линий-выносок и их полок.

Сплошной волнистой линией показывают на чертеже линии обрыва, линии разграничения вида и разреза. Сплошную волнистую линию проводят от руки.

Штриховой линией вычерчивают линии невидимого контура и такие же невидимые линии перехода. Длина штрихов применяется от 2 до 8 мм, расстояние между ними – $1 \dots 2$ мм. Эти линии на чертеже должны иметь штрихи одинаковой длины и заканчиваться штрихами.

Штрих-пунктирная тонкая линия применяется для вычерчивания осевых и центровых линий, линий сечений, являющихся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений. Длина штрихов в штрих-пунктирных тонких линиях должна быть $5 \dots 30$ мм, расстояние между ними – $3 \dots 5$ мм. Штрих-пунктирные линии должны заканчиваться и пересекаться штрихами. Для окружностей, диаметр которых меньше или равен 12 мм, центровые линии выполняют сплошными тонкими линиями.

Разомкнутая линия служит для обозначения на чертеже следа секущей плоскости (линии сечений).

1.4 Шрифты чертёжные

Каждый чертёж обязательно должен сопровождаться общими и дополнительными надписями. К ним надо относиться внимательно и тщательно их выполнять. Неясно и небрежно выполненные надписи снижают качество чертежа, делают его менее понятным.

Для надписей, сделанных от руки на чертежах и документах, применяют шрифты.

Шрифт – это графическая форма знаков алфавитного письма.

ГОСТ 2.304-81 устанавливает два типа шрифта: тип «А» и тип «Б». Каждый тип имеет две формы: с наклоном 75° и без наклона. Мы будем использовать на чертежах шрифт типа «Б» с наклоном. Основной характеристикой чертёжного шрифта является размер h , который определяется высотой его прописных букв в миллиметрах (измерение ведётся перпендикулярно к основанию строки). Основные параметры шрифта представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Параметры шрифта

Параметр	Обозначение	Размеры (мм)							
		2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
Размер шрифта	h	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
Высота строчных букв	c ($7/10 h$)	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
Расстояние между буквами	a ($2/10 h$)	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	
Толщина линии шрифта	d ($1/10 h$)	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	
Минимальное расстояние между словами	e ($6/10 h$)	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0	
Минимальное расстояние между нижними линиями строк	b ($17/10 h$)	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0	

Размер шрифта выбирается в зависимости от размера формата и размера изображений.

На рис. 1.2 показаны основные параметры шрифта.



Рис. 1.2. Основные параметры шрифта

Выполняя надписи, надо знать следующее: если надпись делают только прописными буквами, то все буквы должны быть одинаковой высоты и толщины обводки; если строчными, то заглавная буква должна быть прописной, а толщина её обводки равна толщине обводки строчных. Как правило, надписи на чертежах выполняются строчными буквами. Сокращения и переносы в надписях недопустимы.

При выполнении надписей необходимо построить карандашом сетку тонкими сплошными линиями, как это показано на рис. 1.3, затем от руки нанести на эту сетку буквы и цифры тонкими линиями. Нужная толщина достигается при обводке. Для шрифта более мелких размеров (5...3,5 мм) достаточно провести лишь две параллельные горизонтальные линии и под углом 75° через 10...20 мм – наклонные. Буквы и цифры следует вычерчивать по частям, при этом рука должна двигаться только по двум направлениям – сверху вниз и слева направо.

Чтобы научиться красиво писать чертежным шрифтом, вначале для каждой буквы чертят сетку (рис. 1.3). После овладения навыками написания букв и цифр можно проводить только верхнюю и нижнюю линии строки.

Контурные букв намечают тонкими линиями. Убедившись, что буквы написаны правильно, обводят их мягким карандашом.

Для букв Г, Д, И, Й, Л, М, П, Т, Х, Ц, Ш, Щ можно провести только две вспомогательные линии на расстоянии, равном высоте h .

Для букв Б, В, Е, Н, Р, У, Ч, Ъ, Ы, Ь, Я между двумя горизонтальными линиями следует добавить посередине еще одну, по которой выполняют средние их элементы. А для букв З, О, Ф, Ю проводят четыре линии, где средние линии указывают границы скруглений.

Основную надпись вы будете заполнять шрифтом 3,5; название чертежа – шрифтом 7 или 5.



Рис. 1.3. Пример построения буквы

Ширина букв и цифр в зависимости от размера шрифта h приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Ширина букв и цифр шрифта типа «Б»	
Буквы и цифры	Относительный размер h
Прописные буквы	
Е, Г, З, С	5/10
Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ъ, Э, Я, Ь	6/10
А, Д, М, Х, Ы, Ю	7/10
Ж, Ф, Ш, Щ	8/10
Строчные буквы	
а, б, в, г, д, е, и, й, к, л, н, о, п, р, у, х, ч, ц, ъ, э, я	5/10
м, ъ, ы, ю	6/10
ж, т, ф, ш, щ	7/10
с, э	4/10
Цифры	
1	4/10
2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0	5/10
4	6/10

На рис. 1.4–1.7 показаны написания шрифта русского, латинского, греческого алфавита и цифр

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР
СТУФЧЦШЩЪЫЬЭЮЯ
абвгдежзуйклмнопр
стуфхцшщъьыэюя

Рис. 1.4. Русский алфавит (Кириллица)

ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

Рис. 1.5. Латинский алфавит

ΑΒΧΔΕΓΗΙΘΚΛΜΝΟΠΘΡΣΤΥΖΩΞΨΖ
αβχδεγγηιφκλμνοπθρστυωξψζ

Рис. 1.6. Греческий алфавит

1234567890

Рис. 1.7. Арабские цифры

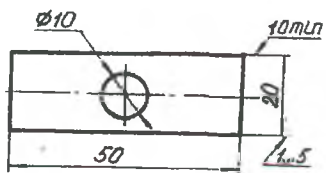


Рис. 3.2. Пример нанесения размерных линий

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура предмета, чтобы не затемнять его изображения. Расстояние между размерной линией и параллельной ей линией контура должно быть не менее 10 мм, а расстояние между последующими параллельными размерными линиями должно быть не менее 7 мм. Выносные линии выходят за концы стрелок размерных линий на 1...5 мм. Проводят их, как правило, от линий видимого контура (рис. 3.2). Следует избегать взаимного пересечения размерных и выносных линий.

Размерные линии можно проводить с обрывом и со стрелкой в следующих случаях:

- когда вид или разрез симметричного предмета дан только до оси симметрии или с обрывом. При этом размерную линию обрывают за осью симметрии предмета (рис. 3.3, а, б);

- при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично, причем размерная линия обрывается дальше центра окружности (рис. 3.3, б).

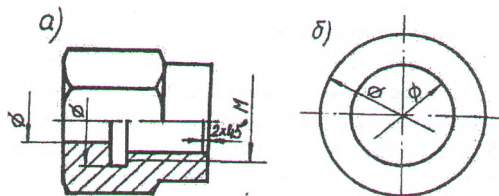


Рис. 3.3. Нанесение размерных линий с обрывом

Для указания размерных чисел приняты арабские цифры, которые пишутся возможно ближе к середине размерной линии и отстоят от нее на 1 мм (рис. 3.4). Высота цифр должна быть не менее 3,5 мм.

Размерные линии не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерываются. Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размерные числа наносятся на ее продолжении или выносятся на полку линии – выноски, расположенную параллельно основной надписи чертежа, как показано на рис. 3.4. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерываются.

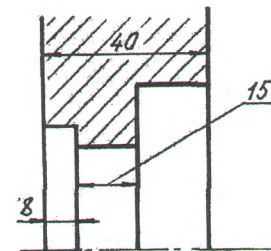


Рис. 3.4. Нанесение размерных чисел

При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 3.5).

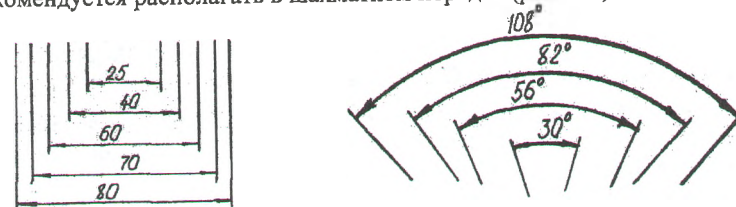


Рис. 3.5. Расположение размерных чисел в шахматном порядке

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 3.6. Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (рис. 3.7).

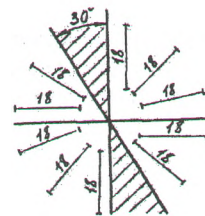


Рис. 3.6. Расположение размерных чисел при наклонных размерных линиях

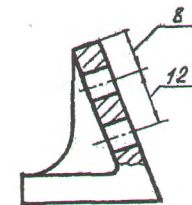


Рис. 3.7. Нанесение размерных чисел на полках линий выносок

Угловые размеры наносят так, как показано на рис. 3.8. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии, – со стороны вогнутости размерных линий.

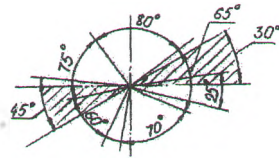


Рис. 3.8. Нанесение угловых размеров

В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках.

Перед размерным числом радиуса пишется прописная буква *R*, высота которой равна высоте цифр (рис. 3.9). При большой величине радиуса допускается центр приближать к дуге. Размерная линия в этом случае выполняется с изломом под углом 90° (рис. 3.9).

Диаметр обозначают знаком \varnothing , его наносят перед размерным числом (рис. 3.10). Высота знака равна высоте цифр размерного числа, диаметр окружности знака равен $5/7$ его высоты, а угол наклона черты составляет 60° .

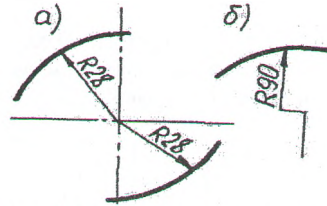


Рис. 3.9. Нанесение размеров радиусов

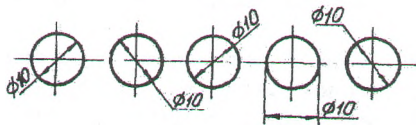


Рис. 3.10. Нанесение размеров диаметров

Некоторые детали имеют фаски – небольшие скосы под разными углами. Размеры фасок под углом 45° наносят надписью, первая цифра в которой указывает высоту фаски в миллиметрах, а вторая – угол, например, $2 \times 45^\circ$ (рис. 3.3, а).

4 ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Во многих отраслях промышленности и строительства широкое применение находят такие технические формы, для конструирования и изготовления которых необходимо выполнять их очертания.

Геометрическим построением называют способ решения задачи, при котором ответ получают графическим путём без каких-либо вычислений. Построения выполняют чертёжными (или разметочными) инструментами максимально аккуратно, ибо от этого зависит точность решения.

Приступая к выполнению чертежа, нужно вначале определить, какие из геометрических построений необходимо применить в данном случае, т.е. провести анализ графического состава изображения.

В зависимости от сложности изделия его очертание может включать лекальные или циркульные кривые, взаимно перпендикулярные или параллельные прямые линии, различные сопряжения и т.д.

Развитие всех отраслей народного хозяйства нашей страны требует овладения техникой, а это, в свою очередь, неразрывно связано с умением правильно изображать геометрические и машиностроительные формы на чертежах.

Для грамотного выполнения чертежей требуется знание геометрических построений. Они выполняются с помощью линейки, циркуля и лекала.

4.1 Сопряжения

При выполнении машиностроительных чертежей, а также при разметке заготовок деталей на производстве часто приходится плавно соединять прямые линии с дугами окружностей или дугу окружности с дугами других окружностей, т.е. выполнять сопряжение. Сопряжением называют плавный переход прямой линии в дугу окружности или одной дуги в другую.

Для построения сопряжений надо найти центры, из которых проводят дуги, т.е. центры сопряжений. Затем нужно найти точки, в которых одна линия переходит в другую, т.е. точки сопряжений. При построении чертежа сопрягающиеся линии нужно доводить точно до этих точек. Точка сопряжения дуги окружности и прямой лежит на перпендикуляре, опущенном из центра дуги на сопрягаемую прямую, или на линии, соединяющей центры сопрягаемых дуг. Следовательно, для построения любого сопряжения дугой заданного радиуса нужно найти центр сопряжения и точку (точки) сопряжения. Рассмотрим некоторые основные виды сопряжений.

1 Сопряжение двух пересекающихся прямых дугой заданного радиуса. Даны пересекающиеся под прямым, острым и тупым углами прямые линии. Нужно построить сопряжения этих прямых дугой заданного радиуса R_c . Для построения сопряжения двух пересекающихся прямых a и b под острым углом дугой заданного радиуса R_c (рис. 4.1) необходимо определить множество центров окружностей, удаленных от прямых на расстоянии R_c . Для этого на расстоянии R_c проводят прямые, параллельные заданным, до пересечения в точке

O – центры сопряжения, а точки сопряжения A и B являются основаниями перпендикуляров, опущенных из точки O на прямые a и b .

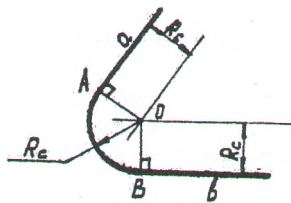


Рис. 4.1. Сопряжение двух прямых, пересекающихся под острым углом

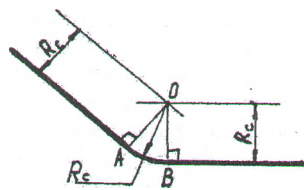


Рис. 4.2. Сопряжение двух прямых, пересекающихся под тупым углом

Дуга радиуса R_c , проведенная из точки O как из центра, и будет дугой сопряжения.

2 Построение сопряжения двух пересекающихся прямых под тупым углом (рис. 4.2) выполняется по аналогии с предыдущим.

3 Сопряжение дуги окружности радиуса R_{ok1} и прямой a дугой заданного радиуса R_c . Для выполнения этого сопряжения (рис. 4.3) на расстоянии R_c от прямой a проводят параллельную ей прямую m , а из центра O_1 радиусом $R_1 = R_c + R_{ok1}$ дугу концентрической окружности. Точка O будет центром дуги сопряжения. Точка сопряжения A получена на перпендикуляре, опущенном из точки O на прямую a , а точка B – на прямой, соединяющей точки O и O_1 .

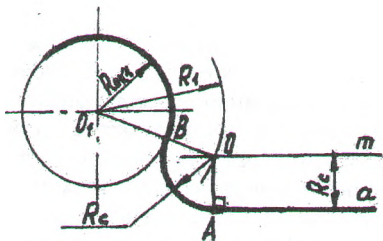


Рис. 4.3. Сопряжение прямой и окружности (внешнее)

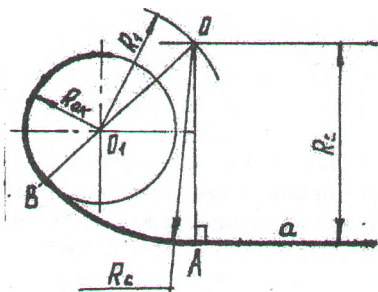


Рис. 4.4. Сопряжение прямой и окружности (внутреннее)

4 Если радиус сопряжения больше радиуса сопрягаемой дуги (рис. 4.4), то построение выполняется следующим образом. От прямой a на расстоянии R_c проводят прямую, параллельную заданной, а из центра O_1 радиусом $R_1 = R_c - R_{ok}$ – дугу окружности. Центром дуги сопряжения будет точка O . Точку сопряжения A на прямой получаем так же, как в предыдущем случае, а точку B – на прямой OO_1 с противоположной стороны от центра.

5 Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса может быть внешним, внутренним и смешанным.

При внешнем сопряжении окружности находятся с внешней стороны дуги сопряжения, т.е. точки сопряжения представляют собой точки перегиба. На рис. 4.5 показано внешнее сопряжение двух дуг окружностей радиусов при помощи дуги радиуса R_c . Из центра O_1 радиусом $R_1 = R_{ok1} + R_c$, а из центра O_2 радиусом $R_2 = R_{ok2} + R_c$ проводят дуги до пересечения в точке O . Точки сопряжения A и B лежат на линиях, соединяющих точку O с центрами дуг O_1 и O_2 . Из точки O как из центра проводят дугу сопряжения радиусом R_c .

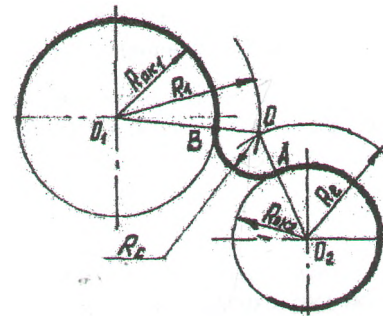


Рис. 4.5. Сопряжение двух окружностей (внешнее)

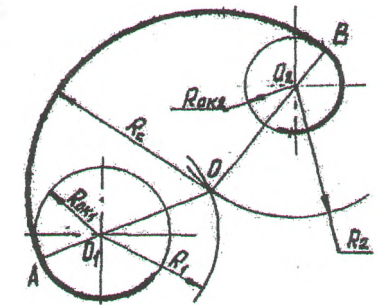


Рис. 4.6. Сопряжение двух окружностей (внутреннее)

6 Внутреннее сопряжение характерно тем, что сопрягаемые дуги находятся внутри дуги сопряжения, точки сопряжения в этом случае являются точками самоприкосновения.

На рис. 4.6 показано построение внутреннего сопряжения. Заданы сопрягаемые дуги R_{ok1} и R_{ok2} и радиус сопрягающей дуги R_c . Из центра O_1 проводится дуга радиусом $R_1 = R_c - R_{ok1}$, а из центра O_2 – дуга радиусом равным $R_2 = R_c - R_{ok2}$. В пересечении этих дуг получают точку O – центр дуги сопряжения. Точки сопряжения A и B лежат на прямых, соединяющих точку O с центрами заданных окружностей.

7 Смешанным сопряжением называется такое, когда одна сопрягаемая дуга находится внутри дуги сопряжения, а другая – вне её, т.е. одна точка сопряжения является точкой самоприкосновения, а вторая – точкой перегиба.

Пример построения смешанного сопряжения показан на рис. 4.7. Из центра O_1 проводим дугу радиусом $R_1 = R_c - R_{ok1}$, а из центра O_2 – радиусом $R_2 = R_c + R_{ok2}$. Пересечение проведенных дуг определяет центр дуги сопряжения. Точка A – точка самоприкосновения, а точка B – точка перегиба.

Sp. / 89620

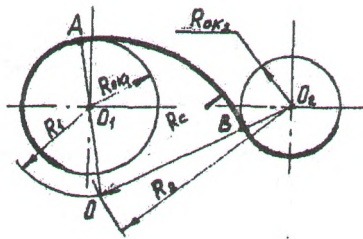


Рис. 4.7. Сопряжение двух окружностей (смешанное)

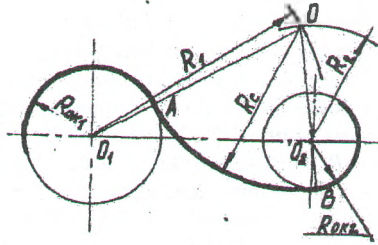


Рис. 4.8. Сопряжение двух окружностей (смешанное)

На рис. 4.8 показано построение смешанного сопряжения тех же дуг, но теперь дуга сопряжения с дугой радиуса $R_{ок1}$ сопрягается внешним, а с дугой радиуса $R_{ок2}$ — внутренним образом. Точка A стала точкой перегиба, а точка B — точкой самоприкосновения.

4.2 Построение перпендикуляров

1 Построение перпендикуляра к прямой из точки, лежащей вне прямой

Из заданной точки A как из центра проводят дугу окружности произвольного радиуса R , пересекающую прямую a в точках 1 и 2. Из этих точек как из центров проводят дуги тем же радиусом, которые пересекаются в точке B . Соединив точки A и B , получим прямую AB , перпендикулярную заданной прямой a (рис. 4.9).

2 Построение перпендикуляра к прямой из точки, лежащей на прямой

По обе стороны от заданной точки A на прямой a раствором циркуля откладывают равные отрезки $A1$ и $A2$. Из полученных точек 1 и 2 описывают дуги, пересечение которых определяет точку B . Прямая, проходящая через точки A и B , является перпендикуляром к заданной прямой a (рис. 4.10).

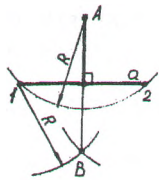


Рис. 4.9. Построение перпендикуляра к прямой из точки, лежащей вне прямой

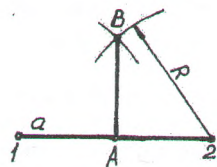


Рис. 4.10. Построение перпендикуляра к прямой из точки, лежащей на прямой

4.3 Деление отрезков

Чтобы разделить отрезок на две равные части с помощью циркуля (рис. 4.11), из концов A и B отрезка как из центров радиусом R , большим половины отрезка, проводят дуги до взаимного пересечения в точках C и D . Соединив эти точки, разделим отрезок AB точкой K на две равные части.

Чтобы разделить отрезок AB на n равных частей, например, на семь равных частей (рис. 4.12), из конца A отрезка AB проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают семь произвольных равных отрезков. Конец седьмого отрезка (точку 7) соединяют с точкой B . Проведя через точки 1, 2, 3, 4, 5, 6 прямые, параллельные прямой $7B$, разделим отрезок на семь равных частей.

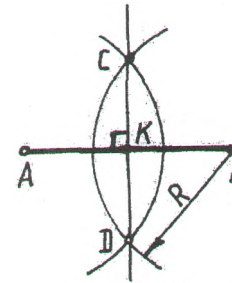


Рис. 4.11. Деление отрезка на две равные части

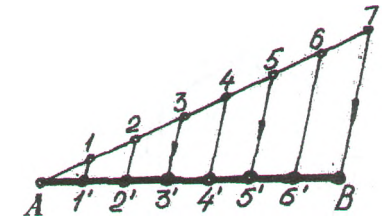


Рис. 4.12. Деление отрезка на n равных частей

4.4 Деление углов

Чтобы разделить произвольный угол на две равные части, из вершины угла произвольным радиусом R проводят дугу и отмечают точки 1 и 2 пересечения её со сторонами угла. Из точек 1 и 2 как из центров, проводят также произвольным радиусом R_1 дуги окружностей до взаимного пересечения. Прямая, соединяющая полученную точку с вершиной угла, разделит заданный угол пополам (рис. 4.13).

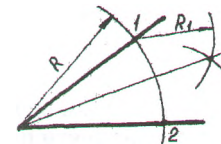


Рис. 4.13. Деление угла на две равные части

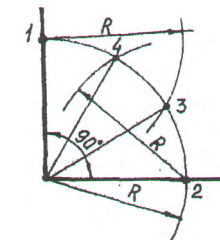


Рис. 4.14. Деление прямого угла на три равные части

Чтобы разделить прямой угол на три равные части, из его вершины проводят дугу окружности произвольного радиуса R до пересечения со сторонами угла. Из точек пересечения 1 и 2 как из центров тем же радиусом засекают на ранее полученной дуге точки 3 и 4. Прямые, соединяющие эти точки с вершиной прямого угла, разделяют его на три равные части. Построения показаны на рис. 4.14.

4.5 Построение правильных многоугольников

1 Равносторонний треугольник и правильный шестиугольник

Раствором циркуля, равным радиусу окружности, делят окружность на шесть равных частей. Отмечают точки деления цифрами 1, ..., 6. Соединив последовательно точки деления прямыми, получим правильный шестиугольник 123456, а соединив точки деления через одну – правильный треугольник 135 (рис. 4.15).

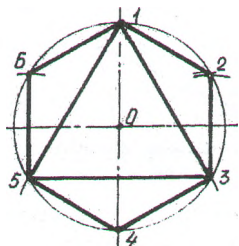


Рис. 4.15. Деление окружности на три и шесть равных частей

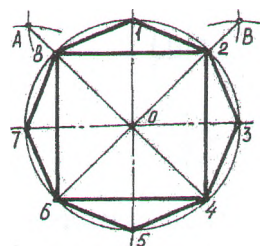


Рис. 4.16. Деление окружности на четыре и восемь равных частей

2 Квадрат и правильный восьмиугольник

В окружности проводят два взаимно перпендикулярных диаметра. Две четверти окружности делят пополам с помощью засечки дугами. Проводя прямые через точки A и B и центр окружности O , разделим последнюю на восемь частей. Полученные точки деления обозначим цифрами 1, 2, ..., 8. Соединив точки деления окружности прямыми линиями через одну, получим квадрат 2468, а соединив последовательно все точки деления прямыми – правильный восьмиугольник 12345678 (рис. 4.16).

3 Правильный пятиугольник

Проведём взаимно перпендикулярные диаметры AB и DS . Разделим один из радиусов OB пополам с помощью дуги того же радиуса, соединив точки пересечения с окружностью прямой линией EC . Радиусом CS из точки C проведём дугу окружности до пересечения с горизонтальным диаметром в точке N . Прямая NS равна стороне вписанного пятиугольника (рис. 4.17).

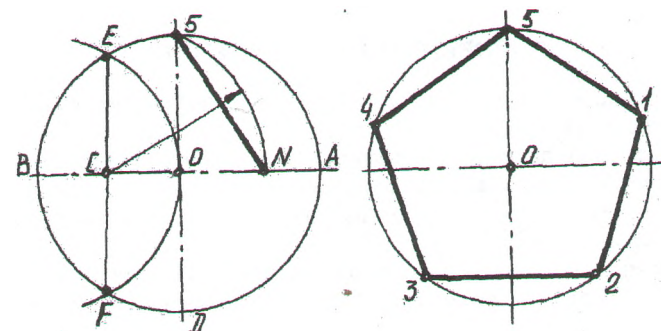


Рис. 4.17. Деление окружности на пять равных частей

4.6 Деление окружности на n равных частей

С помощью циркуля и линейки нельзя разделить окружность на 7, 9, 13, 18, 19 и т.д. частей. Описанный способ даёт возможность сделать это лишь с достаточной точностью.

Разделим окружность, например, на $n = 7$ равных частей. Для этого диаметр окружности делим на семь равных частей (этот способ рассматривался ранее). Из точки C как из центра радиусом R , равным диаметру окружности, засекаем на горизонтальной оси точки A и B . Из точек A и B проводим лучи, засекаем (или нечётные) деления диаметра C . Полученные точки пересечения с окружностью разделят её на семь равных частей. Соединив эти точки, получим правильный семиугольник (рис. 4.18).

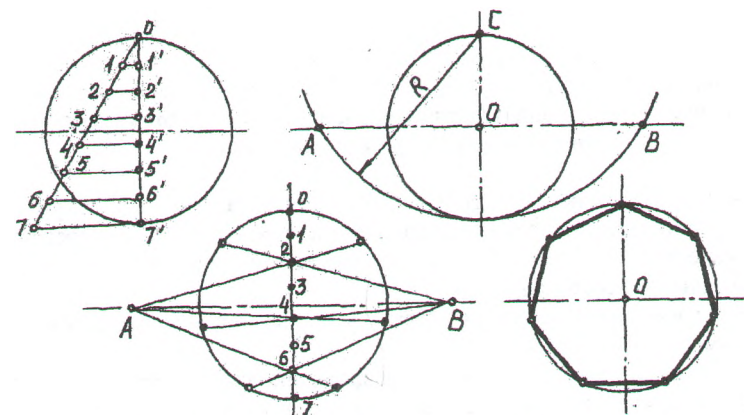


Рис. 4.18. Деление окружности на n равных частей

5 ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Построение изображений предметов на технических чертежах основано на правилах прямоугольного проецирования.

Изображаемый предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекции.

Лучи, проецирующие предмет на каждую из плоскостей, направляют перпендикулярно к ним.

За основные плоскости проекции принимают шесть граней куба.

Грани куба разворачивают и совмещают с плоскостью чертежа так, как показано на рис. 5.1.

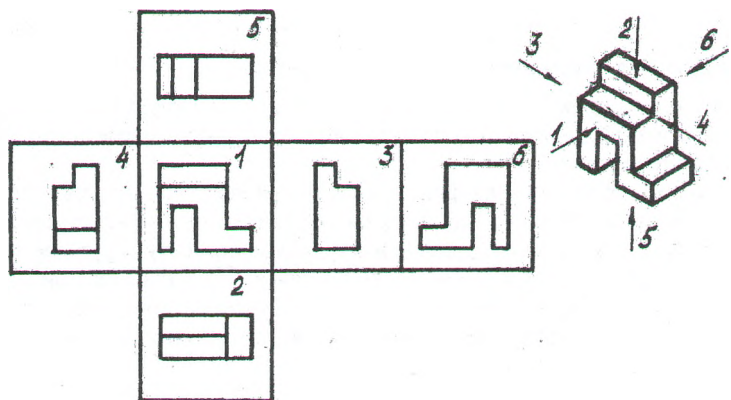


Рис. 5.1. Расположение основных видов:

1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади (может быть расположен на чертеже не только правее вида (3), но и слева от вида (4))

Плоскость 1 называют фронтальной, 2 – горизонтальной, 3 – профильной плоскостями проекции. Изображение предмета на фронтальной плоскости принимают в качестве главного на чертеже и в проекционной связи с ним располагают все остальные изображения.

Главное изображение должно давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Чертежи в системе прямоугольных проекций дают достаточно полные сведения о предмете, так как он изображается с нескольких сторон.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы, сечения. Число изображений (видов, разрезов, сечений) на чертеже должно быть минимальным, но вместе с этим достаточным для полного представления об изображаемом предмете при чтении чертежа.

5.1 Наименование и расположение основных видов

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для сокращения числа изображений допускается на видах штриховыми линиями показывать невидимые части поверхности предмета. Это рекомендуется, если невидимые очертания предмета не являются сложными.

Виды разделяются на основные, дополнительные и местные.

Основными называют виды, полученные проецированием предмета на основные плоскости проекции. Основные виды имеют следующие наименования (рис. 5.1).

Названия видов, находящихся в проекционной связи с главным изображением, на чертежах не надписывают. Когда какой-либо вид (сверху, слева, справа, снизу, сзади) смещен относительно главного изображения, он на чертеже должен быть обозначен, как показано на рис. 5.2. Направление взгляда указано стрелкой, обозначенной прописной буквой русского алфавита.

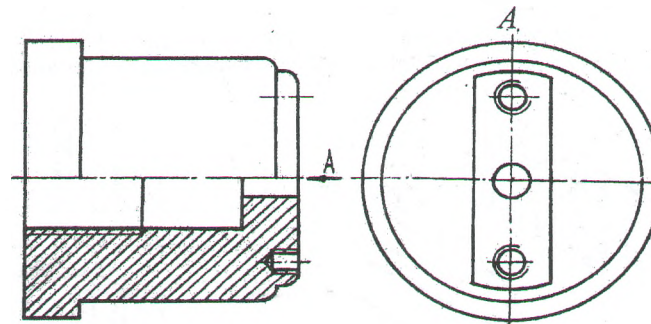


Рис. 5.2. Обозначение дополнительного вида

Изображение вида надписано той же буквой. Соотношение размеров стрелки приведено на рис. 5.3. Размер шрифта буквенных обозначений берут в два раза больше размера цифр размерных чисел.

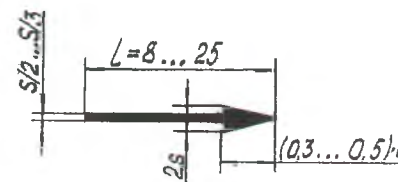


Рис. 5.3. Размеры стрелки, указывающей направление взгляда

Если какую-либо часть предмета невозможно показать проецированием на основные плоскости проекций без искажения ее формы и размеров, то применяют *дополнительные* виды.

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется *местным* видом. На местном виде может быть вычерчена часть поверхности предмета, на которой находится изображаемый участок.

5.2 Разрезы

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

Разрез выполняют в следующей последовательности:

- 1) в соответствующем месте предмета проводят мысленно секущую плоскость;
- 2) часть предмета Б, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбрасывают (рис. 5.4, а);
- 3) оставшуюся часть А проецируют на соответствующую плоскость проекции, помещая изображение на месте главного вида (рис. 5.4, б);
- 4) оформляют разрез в соответствии с установленными правилами.

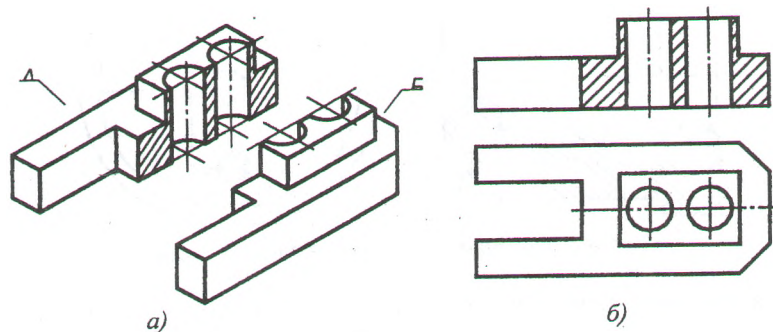


Рис. 5.4. Фронтальный разрез

Часть предмета, разрезанная секущей плоскостью, на чертеже должна быть заштрихована. Линии штриховки тонкие сплошные, для металлических деталей наносятся под углом 45° и направлены в одну и ту же сторону на изображении всех разрезов данного предмета.

В зависимости от расположения секущей плоскости разрезы разделяются на:

- *горизонтальные* – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекции (рис. 5.5);
- *фронтальные* – секущая плоскость проекции параллельна фронтальной плоскости проекции (рис. 5.4);
- *профильные* – секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекции (рис. 5.6);

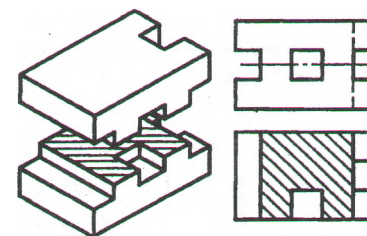


Рис. 5.5. Горизонтальный разрез

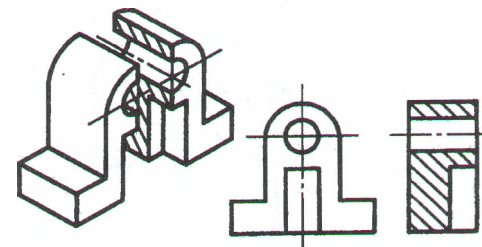


Рис. 5.6. Профильный разрез

– *наклонные* – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

Разрезы называются *продольными*, если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета; и *поперечными*, если секущая плоскость направлена перпендикулярно длине или высоте предмета.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы делятся на:

- *простые* – при одной секущей плоскости (рис. 5.4–5.6);
- *сложные* – при нескольких секущих плоскостях.

Сложные разрезы бывают *ступенчатыми*, если секущие плоскости между собой параллельны (рис. 5.7); и *ломаными*, если секущие плоскости пересекаются (рис. 5.8).

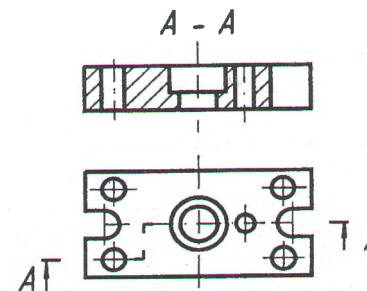


Рис. 5.7. Сложный ступенчатый разрез

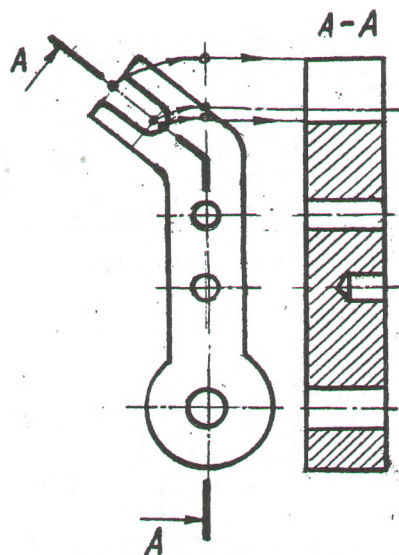


Рис. 5.8. Сложный ломаный разрез

При выполнении разреза положение секущей плоскости указывают линией сечения. Для линии сечения применяют разомкнутую линию, состоящую из начального и конечного штрихов, длину которых принимают в пределах 8...20 мм, а толщину — от s до $1,5s$ (где s — толщина основной линии 0,5...1,4 мм).

При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах ставят стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки надо наносить на расстоянии 2...3 мм от внешнего края штриха. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения. У начала и конца линии сечения (около стрелок) ставят одну и ту же букву русского алфавита. Изображение разреза надписывают теми же буквами, через черточку (рис. 5.7, 5.8).

При выполнении простых разрезов в случаях, когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а соответствующие изображения расположены в проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, положение секущей плоскости не отмечают и разрез надписью не сопровождают (рис. 5.4—5.6).

При выполнении ступенчатых разрезов секущие плоскости условно совмещают в одну и изображение строят, считая, что все рассеченные части предмета принадлежат одной секущей плоскости.

При выполнении ломаных разрезов секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость. Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида.

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчиваются так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение. Исключение составляют элементы предмета, лежащие в плоскости, параллельной секущей плоскости. Их следует вычерчивать так, как они проецируются на соответствующую плоскость, т.е. поворачивать вместе с секущей плоскостью. Например, на рис. 5.8 наклонную часть детали повернуть вместе с секущей плоскостью до вертикального положения. Благодаря повороту наклонная часть детали изображается в разрезе без искажения т.е. в натуральную величину.

Разрезы, служащие для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называются *местными* (рис. 5.9).

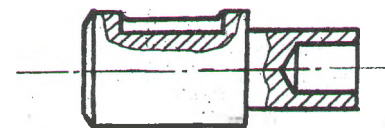


Рис. 5.9. Местный разрез

Местные разрезы выделяются на виде сплошной волнистой линией. Местный разрез, как правило, не обозначается.

Допускается соединять в одном изображении часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их сплошной волнистой линией (рис. 5.10).

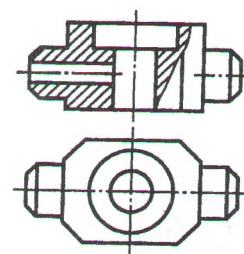


Рис. 5.10. Соединение вида и разреза

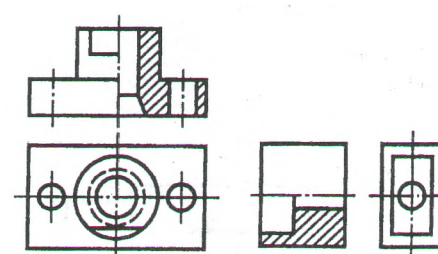


Рис. 5.11. Соединение вида и разреза на симметричных фигурах

Если соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (тонкая штрих-пунктирная линия). Разрез при этом располагают справа или снизу от оси изображения (рис. 5.11).

При сочетании вида с разрезом невидимый контур внутренних поверхностей предмета чаще всего не показывают.

5.3 Сечение

Сечением называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета плоскостью. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

В зависимости от расположения сечения подразделяются на вынесенные и наложенные.

Вынесенными сечениями называются такие, которые располагаются вне контура основного изображения.

Наложенными сечениями называются такие, которые располагаются непосредственно на основных видах.

Вынесенным сечениям следует отдавать предпочтение перед наложенными, так как последние затемняют чертеж и неудобны для нанесения размеров.

Контур вынесенного сечения обводится сплошной основной линией такой же толщины (s), как и выбранная для обводки видимого контура изображения.

Контур наложенного сечения обводят сплошной тонкой линией (от $s/3$ до $s/2$). Если при этом сечение закрывает контурные линии вида, то они не прерываются в месте расположения наложенного сечения.

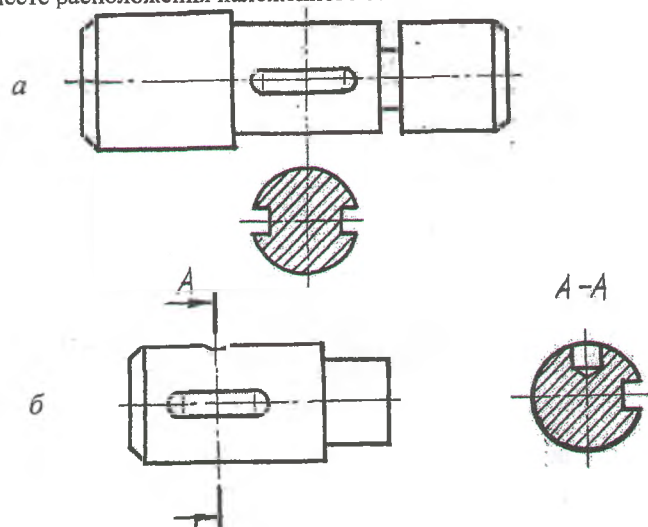


Рис. 5.12. Изображение вынесенного сечения

Вынесенное сечение можно располагать на любом месте чертежа. Оно может быть помещено непосредственно на продолжении линии сечения (рис. 5.12, а), в этом случае его можно не обозначать, или в стороне от этой линии, тогда положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения (рис. 5.12, б).

Для линии сечения применяют разомкнутую линию. Ее проводят в виде отдельных штрихов, не пересекающих контур соответствующего изображения. Толщина штрихов разомкнутой линии берется в пределах от s до $1,5s$, а длина — от 8 до 20 мм.

На начальном и конечном штрихах перпендикулярно им, на расстоянии 2...3 мм от внешнего края штриха, ставят стрелки, указывающие направление взгляда. С внешних сторон от стрелок ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Над сечением делается надпись по типу $A-A$, т.е. двумя одинаковыми буквами, через тире (рис. 5.13).

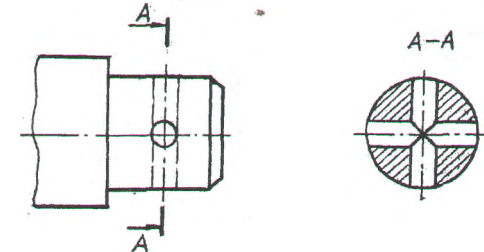


Рис. 5.13. Обозначение вынесенного сечения

Сечение можно располагать с поворотом. Тогда к надписи нужно добавить знак, заменяющий слово «повернуто» (рис. 5.14).

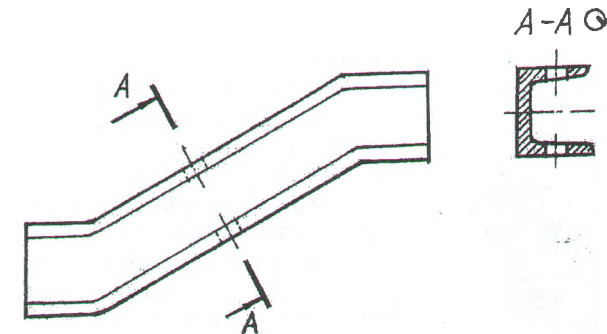


Рис. 5.14. Изображение и обозначение повернутого сечения

Для ясности чертежа сечения выделяют штриховкой. Наклонные параллельные прямые линии штриховки проводят под углом 45° к линиям рамки чертежа, а если они совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, — то под углом 30° или 60° . Толщина линий штриховки должна быть от $s/3$ до $s/2$.

Сечение обычно выполняют в том же масштабе, что и вид, к которому оно относится. Тогда отверстия, углубления и другие элементы, находящиеся на фигуре сечения, будут тех же размеров, что и на видах чертежа.

Сечение должно по построению и расположению соответствовать направлению, указанному стрелками. Если линия сечения расположена вертикально, сечение обычно совмещается с плоскостью чертежа вращением слева направо; если же линия сечения проходит горизонтально, то вращением «на себя».

На сечениях наносят необходимые размеры, например ширину и глубину шпоночного паза, диаметр и глубину отверстий и др.

Если сечение находится в разрыве между частями одного и того же вида, то при симметричной фигуре сечения линию сечения не проводят (рис. 5.15).

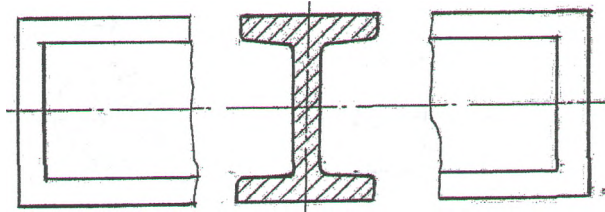


Рис. 5.15. Изображение сечения, вынесенного в разрыве основного вида

5.4 Аксонометрические проекции

Отсутствие наглядности ортогонального чертежа побуждало изыскивать другие способы, дающие возможность более наглядно изображать вычерчиваемый предмет.

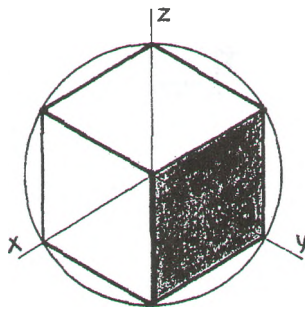


Рис. 5.16. Изображение куба, вписанного в окружность

В 1619 г. астроном Кеплер приводит изометрическое изображение куба в виде правильного шестиугольника, вписанного в окружность (рис. 5.16). В 1775 г. Карстен аналитически изложил теорию проецирования пространственных координатных осей на случайную плоскость и рассмотрел вопрос о коэффициентах искажения.

Английский учёный, профессор физики Кембриджского университета Виллиам Фэррич, в 1820 г. разработал и теоретически обосновал способ изображения предмета на бумаге, отличающийся большой степенью наглядности. Этот метод Фэррич назвал методом изометрической перспективы. Он способствовал внедрению этого метода в инженерную практику. Разработанный Фэрричем метод явился основой для создания метода аксонометрических проекций. Слово «аксонометрия» означает измерение по осям.

Наглядность аксонометрического изображения получается за счёт того, что проецируемый предмет поворачивают в пространстве и наклоняют настолько, чтобы на картинной плоскости получилось изображение сразу не-

скольких его сторон. Этим аксонометрические проекции отличаются от ортогональных проекций. Преимущество аксонометрической проекции можно наблюдать на рис. 5.17.

Основное отличие аксонометрической проекции от ортогональной заключается в том, что в аксонометрическом изображении деталь приобретает рельефность форм, тогда как в ортогональном изображении деталь представляется безжизненно плоской.

ГОСТ 2.317-69 устанавливает пять аксонометрических проекций, применяемых в чертежах всех отраслей промышленности и строительства. Прямоугольные проекции: 1 – изометрическая; 2 – диметрическая. Косоугольные проекции: 3 – фронтальная изометрическая; 4 – горизонтальная изометрическая; 5 – фронтальная диметрическая.

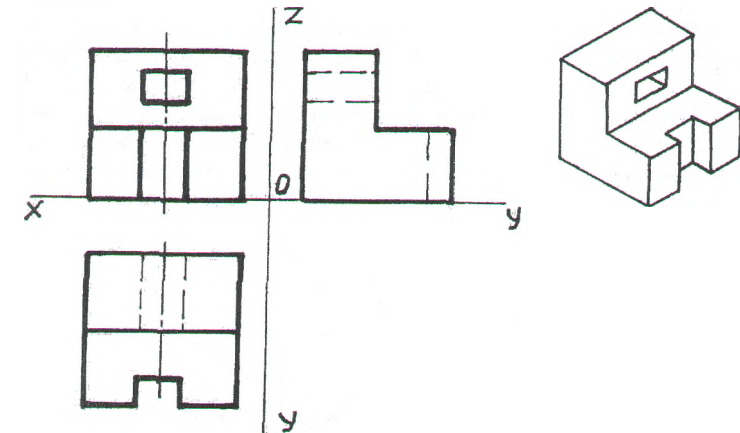


Рис. 5.17. Наглядное изображение детали

Рассмотрим краткое описание прямоугольных аксонометрических проекций.

5.4.1 Изометрическая проекция

В прямоугольной изометрической проекции плоскость аксонометрических проекций наклонена под углом $54^{\circ}45'$ к горизонтальной плоскости проекции Π_1 , к фронтальной плоскости проекций Π_2 и к профильной плоскости проекций Π_3 и отсекает равные отрезки на осях координат. Получаемый при этом треугольник, следовательно, равносторонний. Направление проецирования предмета, отнесённого к ортогональным осям, перпендикулярно к плоскости аксонометрических проекций. Коэффициенты искажения координат по всем трём осям равны: $K_x = K_y = K_z$.

На практике вместо действительного коэффициента искажения координат (0,82) применяют приведенный коэффициент искажения, равный 1. В этом случае получают увеличенное аксонометрическое изображение в $1 : 0,82 = 1,22$ раза.

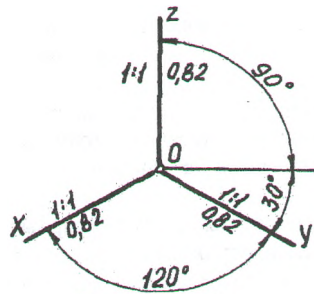


Рис. 5.18. Оси

АксонOMETРИЧЕСКИЕ ОСИ являются высотами равностороннего треугольника следов и образуют между собой углы 120° (рис. 5.18). При изображении точки, линии, прямой или какой-либо фигуры в изометрии соответствующие координаты X , Y и Z откладывают по аксонOMETРИЧЕСКИМ осям или параллельно им, получая вторичные и аксонOMETРИЧЕСКИЕ проекции.

Изображение окружности

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонOMETРИЧЕСКУЮ плоскость проекций (для изометрической проекции) в виде эллипсов. При изображении окружности в изометрической проекции большая ось эллипса располагается перпендикулярно направлению «свободной» или «сверлящей» оси (рис. 5.19). Размеры большой и малой осей эллипса следующие. При действительном коэффициенте искажения $0,82$ большая ось $- D$; малая ось $- 0,58 D$. При приведенном коэффициенте искажения 1 большая ось $- 1,22 D$; малая ось $- 0,71 D$. (D – диаметр окружности).

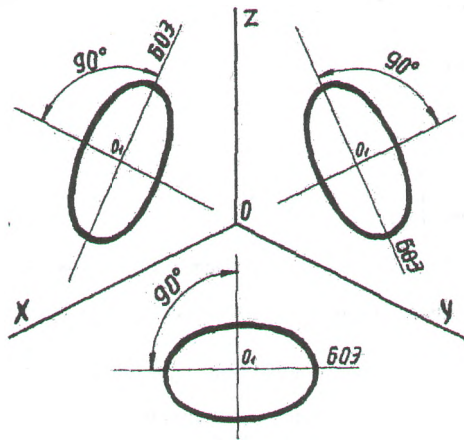


Рис. 5.19. Изображение окружности в изометрической проекции

Пример 1.1 Построить окружность, расположенную в плоскости Π_2 в изометрической проекции, если даны координаты ее центра $C(25; 0; 25)$ и диаметр D , равный 30 мм.

Сначала строим вторичную горизонтальную проекцию центра (рис. 5.20). Для этого откладываем от начала координат $X=25$ и $Y=0$. Получаем вторичную горизонтальную проекцию центра C' на оси OX . Аналогично строим вторичную фронтальную проекцию центра на оси $OZ - C''$. Затем строим аксонOMETРИЧЕСКУЮ проекцию точки C . Через точку C проводим большую ось эллипса

перпендикулярно аксонOMETРИЧЕСКОЙ оси OY . Размер большой оси принимаем равным $1,22 D$, т.е. $1,22 \times 30 = 36,6$ мм. Получаем точки эллипса 1 и 2. Малую ось 3–4 проводим перпендикулярно к большой оси, а размер ее берем равным $0,71 D$, т.е. $0,71 \times 30 = 21,3$ мм. Еще четыре точки эллипса (5, 6, 7 и 8) получаем, проведя через центр C диаметры параллельно осям OZ и OX , и принимаем их равными $D = 30$ мм, так как по аксонOMETРИЧЕСКИМ осям размеры откладываются без искажения. Полученные точки соединяем плавной линией. Вторичная горизонтальная проекция окружности располагается на оси OX , вторичная профильная – на оси OZ .

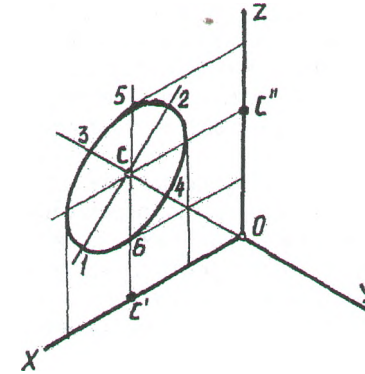


Рис. 5.20. Построение эллипса в изометрической проекции

Построение эллипса в изометрической проекции может быть выполнено различными способами. На практике построение эллипса можно заменить построением овала. На рис. 5.21 показано вычерчивание окружности в изометрии в виде четырехцентрового овала. На большой оси эллипса $A - B$ ($A - B = 1,22 D$), как на диаметре, строим окружность и проводим ее вертикальную ось. В пересечении этой оси с окружностью получаем первые два центра овала – точки 1 и 2. На отрезке 1–2 откладываем малую ось $C - E = 0,71 D$. Установив ножку циркуля сначала в точку 1, а затем в точку 2, проводим дуги радиусом $1 - E$ и $2 - C$. Третий и четвертый центры овала находим, сделав засечку радиусом $O - C$ из центра O окружности на большой оси $A - B$. Построение овала завершаем, проведя из точек 3 и 4 дугу радиусом R_2 , равным $3 - A$.

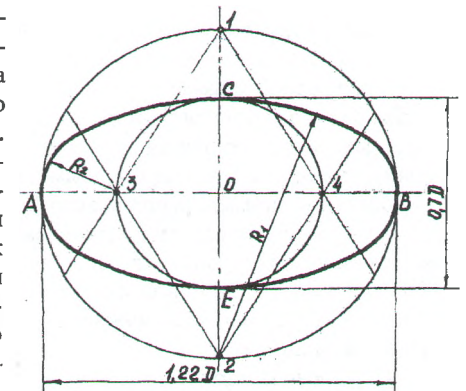


Рис. 5.21. Построение четырехцентрового овала

Изометрическая проекция широко применяется для изображения деталей любой формы. Особенно предпочтителен этот вид аксонометрии для изображения корпусных деталей. Построение изображений в изометрической проекции показано на нескольких примерах.

Построение изометрических проекций плоских многоугольников

Для того чтобы приступить к составлению изометрических проекций предметов, необходимо ознакомиться со способами построения изометрических проекций плоских многоугольников. В приложении к «Сборнику заданий по черчению для учащихся лицея РГУПС» показано построение изометрических проекций таких многоугольников, как равнобедренный треугольник, прямоугольный треугольник, равносторонний треугольник, квадрат, прямоугольник, шестиугольник, трапеция и произвольный многоугольник.

Любой многоугольник состоит из вершин и сторон, поэтому построение аксонометрии многоугольника сводится к построению аксонометрии его вершин с последующим соединением их прямыми линиями. В общем случае задания многоугольника, когда его стороны не параллельны ни одной из плоскостей проекций, для построения аксонометрии каждой из его вершин необходимо отложить три вспомогательных отрезка, выражающих все три координаты вершин. В частных случаях задания многоугольника, когда стороны его параллельны плоскостям XOY , XOZ , YOZ или осям координат, построение аксонометрии упрощается.

Построение изометрических проекций геометрических тел

Аксонометрическое изображение геометрического тела составляется из изображений отдельных элементов, соединенных в одно целое.

1 Построение призмы

Призма – это многогранник, две грани которого, называемые основаниями, равные многоугольники с соответственно параллельными сторонами, остальные грани, называемые боковыми, – параллелограммы.

Основание призмы расположено в плоскости XOY . Ребра призмы – вертикальные прямые. Построение начинаем с вычерчивания изометрической проекции основания (треугольника ABC), затем из точек A, B, C проводим прямые параллельно оси Z и на одной из них откладываем высоту H , строим верхнее основание $A_1B_1C_1$ параллельно нижнему основанию ABC . Обводим чертеж соответствующими линиями.

2 Построение пирамиды

Пирамида – это многогранник, одна из граней которого – многоугольник, называемый основанием, а остальные грани, называемые боковыми, – треугольники, имеющие общую вершину.

Основание пирамиды расположено в плоскости XOY . Высота пирамиды – вертикальная прямая.

Построение начинаем с вычерчивания основания (в данном случае пятиугольника). На оси Z от точки O откладываем высоту H , определяем точку S – вершину пирамиды. Точку S соединяем с вершинами основания $ABCDE$ пря-

мыми линиями, определяем видимые и невидимые ребра и обводим фигуру соответствующими линиями.

3 Построение цилиндра

Цилиндром называется тело, ограниченное частью цилиндрической поверхности (боковая поверхность) и двумя фигурами сечения плоскостями, пересекающими все образующие (называемые основаниями). Основание цилиндра расположено в плоскости XOY . Определяем оси овала, заменяющего эллипс. Проводим изометрические оси X, Y, Z . Определяем центры O и O' оснований и строим их изометрические проекции. Проводим контурные образующие касательно к овалам-основаниям. Определяем невидимую часть нижнего основания цилиндра и обводим видимый контур цилиндра соответствующими линиями.

4 Построение конуса

Конусом называется тело, ограниченное частью конической поверхности (боковая поверхность конуса) и фигурой сечения плоскостью, пересекающей все образующие (основание конуса). Неподвижная точка конической поверхности является вершиной конуса.

Рассмотрим построение изометрической проекции прямого кругового конуса. Основание конуса расположено в плоскости XOY . Определяем оси овала, заменяющего эллипс. Проводим изометрические оси X, Y, Z . Строим изометрическую проекцию основания конуса. На оси Z из точки центра O откладываем отрезок, равный H , – высоте конуса, получаем точку S – вершину конуса. Из точки проводим прямые, касательные к овалу, являющиеся контурными образующими. Определяем невидимую часть основания конуса и обводим видимый контур соответствующими линиями.

Пример 1.2 Построить в изометрической проекции призму, ортогональные проекции которой даны на рис. 5.22.

Совместим координатную ось OZ с осью данной призмы. Размеры граней призмы, расположенных параллельно осям OX, OY и OZ , будем откладывать без искажения (приведенный коэффициент 1). Сначала строим нижнее основание призмы (рис. 5.23). Для этого, пользуясь аксонометрическими осями, отложим от центра O оси OX отрезки, равные $O-1$ и $O-4$; а на оси OY – отрезки, равные OY_1 и OY_2 . Через полученные точки Y_1 и Y_2 проводим линии параллельно оси OX . На них располагаются стороны II–III и IV–V основания призмы. От точек Y_1 и Y_2 на этих линиях откладываем $Y_1-II = Y = Y_1-2$ и $Y_1-III = Y_1-3$. Точно так же строим сторону VI–V = 6–5. Соединив точки I, II, III, IV, V и VI, получим нижнее основание призмы. Для построения верхнего основания проведем ребра призмы I–I₁; II–II₁ и т.д. параллельно оси OZ , приняв I–I₁ = 1–1₁; II–II₁ = 2–2₁ и т.д. Полученные точки I₁, II₁ и т.д. соединим между собой. После этого выделим видимые стороны и ребра призмы.

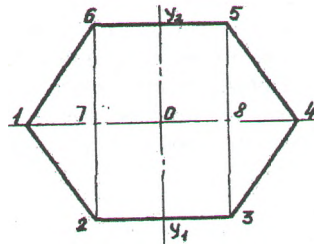
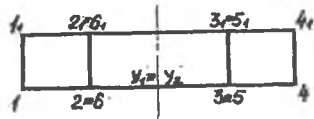


Рис. 5.22. Ортогональные проекции шестигранной призмы

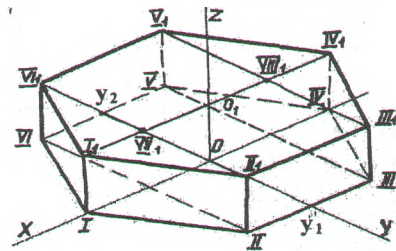


Рис. 5.23. Изометрическая проекция шестигранной призмы

Пример 1.3 Построить изометрическую проекцию детали, заданной в ортогональных проекциях на рис. 5.24.

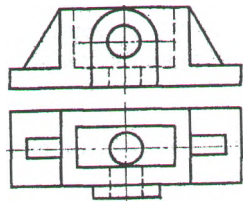


Рис. 5.24. Ортогональные проекции стойки

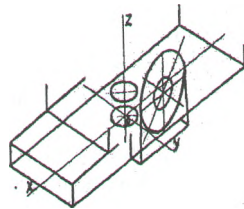


Рис. 5.25. Первая позиция построения изометрической проекции стойки

Данная деталь состоит из нескольких простых геометрических тел: основание её – параллелепипед, ребра – призмы, отверстия – цилиндры и т.д. Зададим оси OX и OY в нижней плоскости основания, а ось OZ совместим с вертикальной осью детали. Построение в изометрии, как показано на рис. 5.25, начнем с изображения нижнего прямоугольника основания путём откладывания без искажения размеров, взятых из ортогональных проекций, параллельно осям OX и OY . Далее найдем по координатам положение центров отверстий и нанесем оси эллипсов. Затем построим верхний прямоугольник основания, отложив на оси OZ из каждой вершины нижнего прямоугольника высоту основания. На рис. 5.26 показаны дальнейшие построения верхней части детали, очерчения ребер. Разрез детали выполнен плоскостями, параллельными координат-

ным плоскостям XOZ и ZOY . Заштриховываем сечение и обводим видимые элементы детали (рис. 5.27).

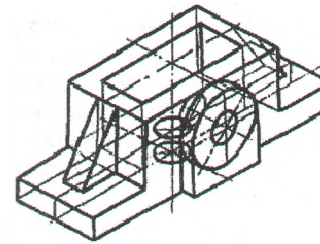


Рис. 5.26. Вторая позиция построения изометрической проекции стойки

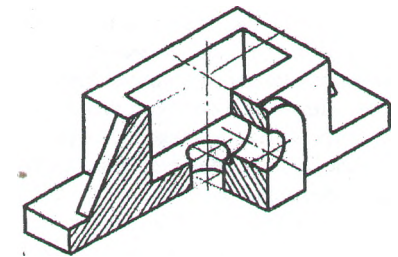


Рис. 5.27. Построение выреза в изометрической проекции стойки

5.4.2 Диметрическая проекция

В прямоугольной диметрической проекции действительные коэффициенты искажения по оси OX и OZ равны $K_x = K_z = 0,94$, а по оси OY – $K_y = 0,47$. При этих коэффициентах искажения угол между аксонометрическими осями OY и OZ получается равным $131^\circ 25'$, а между осями OX и OZ – $97^\circ 10'$. На чертежах в диметрической проекции принято ось OZ располагать вертикально: ось OX составляет с горизонтальной линией угол $7^\circ 10'$, а ось OY – угол $41^\circ 25'$.

Углы $7^\circ 10'$ и $41^\circ 25'$ можно построить с помощью транспортира или используя различные графические способы. Один из графических способов показан на рис. 5.28.

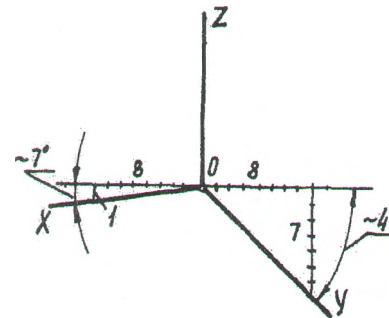


Рис. 5.28. Оси диметрической проекции

Зная, что $\text{tg} 7^\circ \approx 1/8$, а $\text{tg} 41^\circ \approx 7/8$, построения выполняем следующим образом: через точку O проводим горизонтальную линию и откладываем на ней по 8 равных отрезков по обе стороны. В конечных точках проводим перпендикуляры вниз и откладываем на одном из них отрезок, равный 1. На другом – отрезок, равный 7. Соединив точки с точкой O , получим аксонометрические оси OX и OY .

Для упрощения построения диметрической проекции на практике вместо действительных коэффициентов искажения $K_x = K_z = 0,9$, $K_y = 0,47$ принимаем приведенные коэффициенты искажения $K_x = K_z = 1$, $K_y = 0,5$. По осям OX и OZ размеры откладывают в натуральную величину, а по оси OY уменьшают вдвое.

При этом аксонометрическое изображение получается увеличенным в $1 : 0,94 = 1,06$ раза.

Изображение окружности

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в виде эллипса. Большая ось каждого эллипса для диметрической проекции перпендикулярна к оси, не входящей в состав плоскости проекций, которой параллельна изображаемая окружность. Малая ось перпендикулярна к большой оси. Оси эллипсов при приведенных коэффициентах искажения $K_x = K_z = 1$, $K_y = 0,5$ имеют следующие размеры. В плоскостях XOY и YOZ (горизонтальной и профильной) большая ось $AB - 1,06D$; малая ось $CD - 0,35D$. D - диаметр окружности. В плоскости XOZ (фронтальной) большая ось $AB - 1,06D$; малая $CD - 0,95D$.

Изображение эллипсов на трех плоскостях проекций показано на рис. 5.29. Для вычерчивания эллипсов четырех точек, которые дают оси эллипса, недостаточно. Необходимо получить еще четыре точки, проведя через центры эллипсов по два сопряженных диаметра. Они проводятся параллельно координатным осям и при приведенных коэффициентах искажения равны соответственно D и $D/2$. На рис. 5.29 проведены сопряженные диаметры $1-1 = D$, $2-2 = D/2$, $3-3 = D$. Имея восемь точек, можно с достаточной точностью вычертить эллипс.

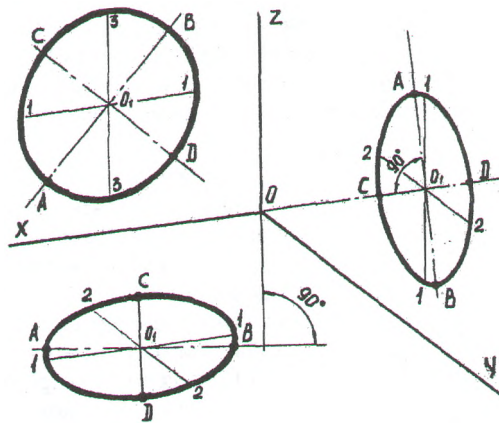


Рис. 5.29. Изображение окружности в диметрической проекции

На практике часто применяют упрощенное построение эллипсов в виде четырехцентровых овалов. Построение овала, расположенного в горизонтальной плоскости проекций, показано на рис. 5.30. Если диаметр окружности ра-

вен D и коэффициенты искажения по осям приняты равными $K_x = K_z = 1$ и $K_y = 0,5$, то большая ось овала будет равна $D_o = 1,06 D$.

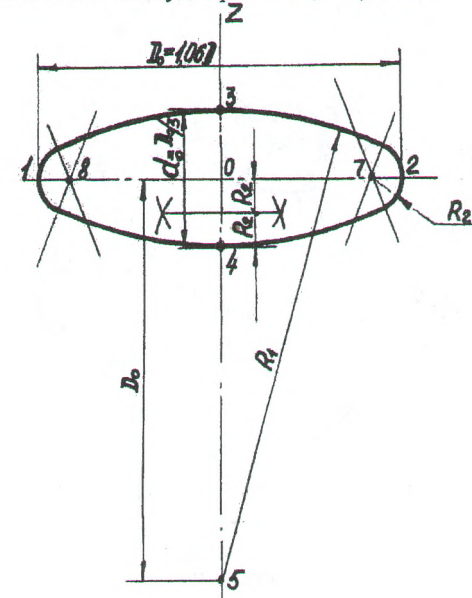


Рис. 5.30. Построение эллипса, расположенного в плоскостях XOY и ZOY

Вычерчивание начинаем с проведения вертикальной оси Z и горизонтальной линии, на которой откладываем размер $D_o = 1,06 D$ (точки 1 и 2). Далее вычисляем размер малой оси $d_o = D/2$ и намечаем на оси Z точки 3 и 4. Затем, откладывая от центра овала на оси Z расстояние, равное D_o , находим центр 5, из которого проводим верхнюю дугу контура овала. Аналогично строим нижнюю дугу овала. Радиус R_2 , которым вычерчивают малые дуги овала, равен $1/4$ малой оси эллипса ($R_2 = d_o/4$). Построение овала, расположенного в плоскости XOZ , показано на рис. 5.31. Проводим большую и малую оси овала. Большая ось перпендикулярна оси OY и равна $1,06 D$. Малая ось перпендикулярна большой оси овала и равна $0,95 D$. Получаем точки 1, 2, 3, 4. Из центра овала (точка O) проводим дугу радиусом $O-1$ до пересечения с осью OY (точка N). Точки 1 и 3 соединяем прямой линией и откладываем на ней от точки 3 отрезок, равный $3-N$ (точка K). Через середину отрезка $K-1$ проводим перпендикуляр к этому отрезку и продолжаем его до пересечения с большой и малой осями овала (точки 7 и 5). Эти точки являются центрами большой и малой дуг овала. Из центров 5 и 6 проводим большие дуги радиусом $5-3$ и $6-4$ (на чертеже R_1). Малые дуги овала вычерчиваются из центров в точках 7 и 8 радиусом R_2 , равным отрезкам $7-1$ и $8-2$.

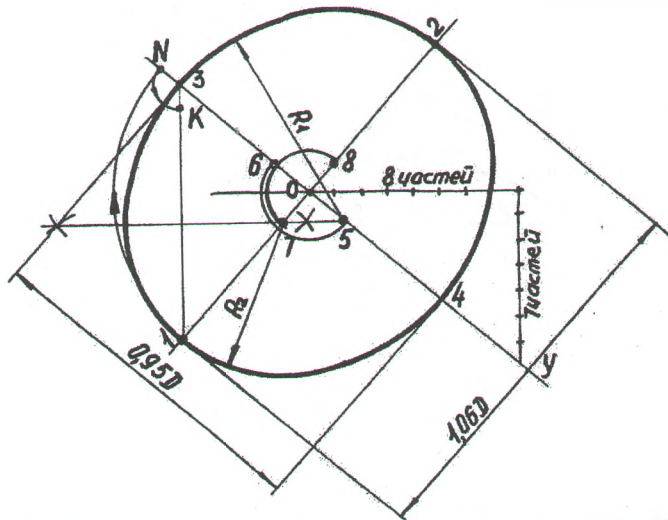


Рис. 5.31. Построение эллипса, расположенного в плоскости XOZ

Изображения в прямоугольной диметрической проекции сходны до некоторой степени с перспективными и достаточно наглядны.

Этот вид аксонометрии рекомендуется применять в тех случаях, когда большое количество характерных особенностей детали сосредоточено на одной из её сторон. Эту сторону следует располагать параллельно фронтальной плоскости проекций.

Построение изображений в прямоугольной диметрической проекции рассмотрим на примере.

Пример 1.4 Построить диметрическую проекцию детали, ортогональные проекции которой даны на рис. 5.32.

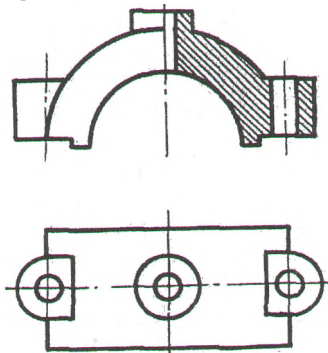


Рис. 5.32. Ортогональные проекции крышки подшипника

Деталь (крышка подшипника) состоит из нескольких простых геометрических тел, главным образом, цилиндров и полуцилиндров. Оси этих цилиндров расположены параллельно осям OY и OZ .

Совместим вертикальную ось детали $O-7$ с осью OZ , а нижнее основание расположим в плоскости XOY . Ось большого полуцилиндра $1-2$ совместим с осью OY . Далее наметим положение осей отдельных элементов детали и положение ограничивающих их плоскостей. Размеры, взятые из ортогональных проекций, откладываем по соответствующим осям с учетом коэффициентов искажения 1 и 0,5. Эти построения показаны на рис. 5.33.

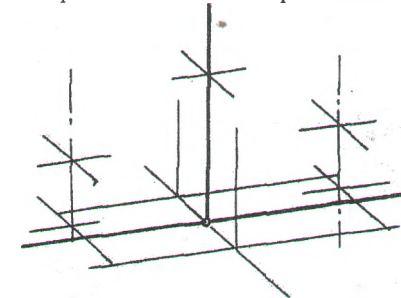


Рис. 5.33. Первая позиция построения диметрической проекции крышки подшипника

Затем строим проекции окружностей – эллипсы указанными ранее способами.

Далее достраиваем прямоугольные очертания детали. Чтобы показать внутренние формы детали, вырежем ее левую переднюю четверть плоскостями, параллельными плоскостям XOZ и YOZ . Затем удаляем все вспомогательные построения и обводим основной линией контур детали и линии разреза. В заключение выполняем штриховку в разрезе (рис. 5.34).

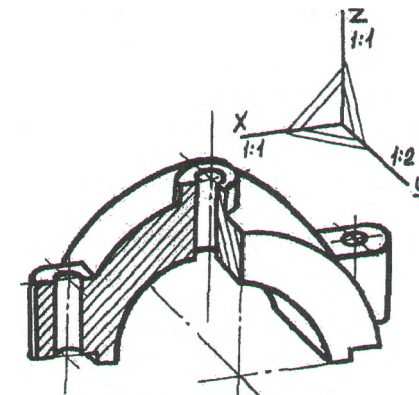


Рис. 5.34. Построение диметрической проекции крышки подшипника

6 ТЕХНИКА РАБОТЫ КАРАНДАШОМ

Все чертежи, как правило, выполняют карандашом. Для черчения используют только чёрные чертёжные карандаши. Выпускаемые стержни к механическому карандашу и карандаши в деревянной оправе имеют показатели мягкости стержня – 4М, 3М, 2М, М, ТМ и твёрдости – Т, 2Т, 3Т. Карандаш должен быть заточен в виде конуса (рис. 6.1, а) высотой 25...30 мм, высота обнажённого графитного стержня 8...10 мм. Заточку карандаша следует производить с того конца карандаша, где нет на нём марки. Сначала срезают только деревянную оболочку, а графитный стержень затачивают на наждачной бумаге, которую наклеивают на дощечку или сшивают (слоем наждака внутрь) в виде книжки.

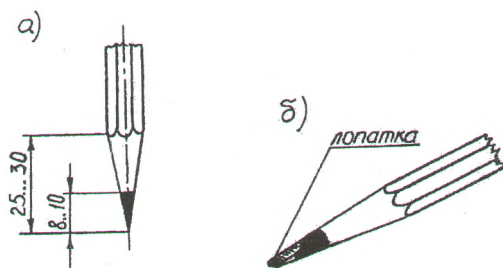


Рис. 6.1. Заточка карандаша: а – «конус»; б – «лопаточка»

Карандаш следует двигать в одном направлении, наклонив его в сторону движения. Наклон карандаша к плоскости бумаги должен быть одинаковым, а нажим равномерным. Сильно нажимать на бумагу не следует. Нажим должен быть таким, чтобы после удаления линий резинкой на бумаге не оставалось следов в виде бороздок. При проведении большого количества линий следует периодически поворачивать в руке карандаш, чтобы конец графитового стержня равномерно стачивался со всех сторон. Для проведения линий нужной толщины (0,5...1,4 мм) рекомендуется карандаш затачивать «лопаточкой» (рис. 6.1, б) с таким расчётом, чтобы между плоскими (сточенными) поверхностями графитового стержня было расстояние нужной толщины проводимой линии. При проведении линий плоская поверхность графитового стержня должна прикасаться к кромке линейки.

При обводке чертежа карандашом надо усвоить следующие основные правила и приёмы работы. Так как бумагу после окончания работы трудно чистить резинкой, то при выполнении чертежа избегают проведения всяких лишних линий, т.е. линий, выходящих далеко за размеры данной фигуры, длинных засечек циркулем и т.п. Засечки геометрических построений делают едва заметными при помощи остро очиненного пишущего стержня. После нахождения центра засечки стирают и заменяют точкой, обведённой маленьким кружком или центровыми взаимно перпендикулярными линиями.

Карандаш подбирают в зависимости от качества бумаги: её плотности и шероховатости. Для шероховатой бумаги берут более твёрдый карандаш, для

гладкой бумаги, наоборот, более мягкий. Для письма текста и цифр применяют карандаш, очиненный на конус. Рекомендуется иметь два карандаша: один очиненный на конус, другой – лопаточкой.

Обводку начинают с окружностей. Помимо приёмов, указанных выше, рекомендуется ставить в циркуль пишущий стержень на номер мягче, чем графит карандаша, которым обводят прямые линии. Это позволяет добиться достаточной чёткости линий. При подготовке чертежа под обводку карандашом группы тонких линий выполняют несколько чернее обычного, чтобы не обводить их вторично.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации.

2 **Ботвинников, А.Д.** Черчение : учебник для 7–8 кл. общеобразоват. учреждений / А.Д. Ботвинников, В.Н. Виноградов, И.С. Вышнепольский. – М. : АСТ : Астрель, 2006. – 221 с.

3 **Преображенский, Н.Г.** Черчение : учебник для учащихся общеобразовательных учреждений / Н.Г. Преображенский. – М. : Вентана-Граф, 2009. – 192 с. : ил.

4 **Суханова, О.Н.** Построение очертаний технических форм : учеб. пособие / О.Н. Суханова, Н.М. Панфилова; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2000. – 30 с.

5 Инженерная графика : Методические указания. – Ростов н/Д, Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2004. – 80 с.

6 **Шумун, Н.М.** Проекционное черчение : учеб. пособие / Н.М. Шумун, В.М. Приходько, Н.А. Ивченко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2014. – 56 с.

7 **Панфилова, Н.М.** Практикум по черчению для учащихся лицей РГУПС: учебно-методическое пособие / Н.М. Панфилова, О.Н. Суханова, Г.С. Рачковская; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 64 с. : – Библиогр.: с. 63.

8 ГОСТ 2.305 – 2008. Изображения – виды, разрезы, сечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : //docs.cntd.ru/document/gost-2-305-2008](http://docs.cntd.ru/document/gost-2-305-2008)