

ВВЕДЕНИЕ

Чертеж – это конструкторский документ, представляющий собой изображение объекта (предмета, детали и т. п.) на плоскости, по которому можно судить о форме, размерах, устройстве и назначении объекта. Чертеж должен давать и другие сведения об изображаемом предмете, как-то: его материал, особенности процесса изготовления, способы контроля и т. д. Четкость отображения форм, правильность и грамотное оформление позволяют быстро и легко воспринимать графическую информацию. Это, в свою очередь, позволяет рабочему добиваться максимальной производительности труда, а инженеру – квалифицированно и творчески налаживать производственный процесс.

1. СТАНДАРТЫ

В процесс создания и изготовления изделий различной степени сложности вовлекаются инженеры, техники и рабочие десятков предприятий самых различных отраслей промышленности. Поэтому появилась необходимость установления единых, обязательных для всех правил оформления чертежей, которые делали бы их понятными для любого участка производства. Такие правила устанавливают стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

ЕСКД – комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями СНГ. Стандарты ЕСКД соответствуют требованиям ISO (Международной организации по стандартизации).

Основное назначение стандартов ЕСКД заключается в единстве правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации. Они обеспечивают возможность взаимообмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления; стабилизацию комплектности, исключающую дублирование и разработку излишних для производства документов; возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий; упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно-конструкторских разработок; механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации; улучшение условий технической подготовки производства и условий

эксплуатации промышленных изделий; оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

Стандарты ЕСКД распределены на девять классификационных групп. В каждой группе может насчитываться 99 стандартов. Общие правила выполнения чертежей относятся к третьей классификационной группе. Пример обозначения стандарта «Шрифты чертежные» – ГОСТ 2.304–81. Цифра 2 – класс, присвоенный всем стандартам ЕСКД, 3 – классификационная группа стандартов, 04 – порядковый номер стандарта в группе, 81 год регистрации стандарта.

Так как стандарты ЕСКД разработаны для промышленности и не учитывают особенности учебного процесса, то допустимы некоторые незначительные отклонения от них при выполнении учебных чертежей, которые будут оговорены ниже.

2. ФОРМАТЫ

Стандарт 2.301–68 устанавливает форматы (размеры) листов чертежей и других документов конструкторской документации всех отраслей промышленности и строительства. Применение таких форматов позволяет рационально использовать бумагу, легко комплектовать и брошюровать чертежи и другие конструкторские документы в альбомы, создает удобства при пользовании и хранении документов.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки. Наибольшим является формат А0 размерами 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м². Следующий и все другие форматы получаются делением предыдущего на две равные части параллельно меньшей его стороне. Пример деления формата А0 показан на рис. 1

Такие форматы считаются основными. Обозначения и размеры основных форматов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные форматы

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

Примечание. При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148×210 мм.

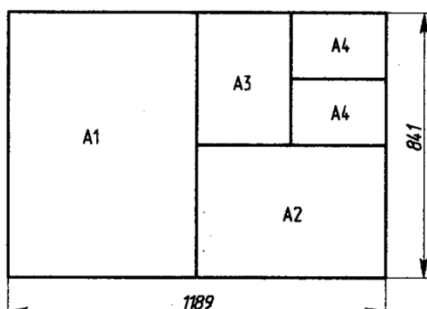


Рис. 1. Деление формата А1

Существуют также и дополнительные форматы. Они образуются увеличением коротких сторон основного формата на величину, кратную их размерам. Размеры этих форматов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Дополнительные форматы

Кратность	Форматы				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	–	–	–	–
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	–	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	–	–	594×2102	420×1486	297×1051

3. ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ

Под основной надписью понимают совокупность установленных характеристик изделий и выполненного на них конструкторского документа, указываемых совместно с установленными надписями и сведениями об изменении документа в специальном штампе, который выполняется в правом углу над нижней линией рамки поля документа. Основные надписи, дополнительные графы к ним и рамки выполняют основными и сплошными тонкими линиями (рис. 2). У большинства форматов основная надпись 1 может размещаться как вдоль длинной, так и вдоль короткой стороны. На листах формата А4 основные надписи всегда располагают вдоль короткой стороны листа. Форма основной надписи, представленной на рис. 2, предназначена для чертежей и схем. В табл. 3 представлены графы основной надписи и их содержание.

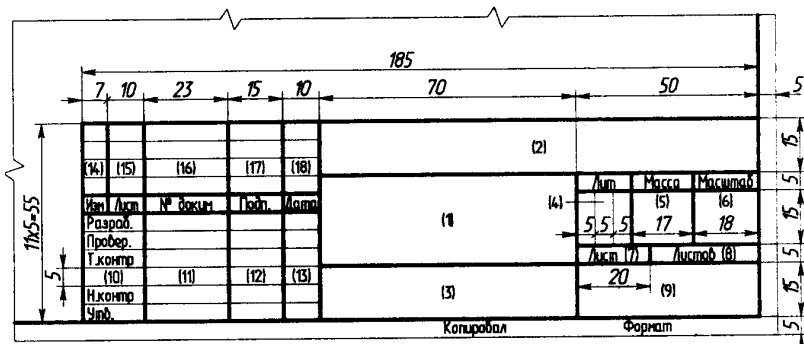


Рис. 2. Форма основной надписи

Таблица 3. Графы основной надписи

Номер графы	Содержание
1	Наименование изделия
2	Обозначение (шифр) технического документа, например: СА ГР 04 08 01 123 12 03 00
3	Обозначение материала, например: сталь 45 ГОСТ 1050–88
4	Литера, присвоенная данному конструкторскому документу
5	Масса изделия
6	Масштаб изображения
7	Порядковый номер листа (графа не заполняется, если чертеж выполнен на одном листе)
8	Общее количество листов чертежа изделия (указывают только на первом листе)
9	Наименование (или индекс) предприятия, выпустившего чертеж
10	Должности лиц, подписавших чертеж
11	Фамилии подписавших чертеж
12	Подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11
13	Дата подписания документа
14–18	Сведения из таблицы изменений (при ее наличии) для данного документа

Примечание. Графа 4 заполняется последовательно, начиная с крайней левой клетки. Наносят литеру, присвоенную документу (например, *T* – технический проект, *O* – опытный образец, *Э* – эскизный проект, *B* – серийное производство, *A* – установочная серия, *I* – индивидуальное производство, *V* – учебный чертеж).

Каждый чертеж (рис. 3) должен иметь внутреннюю рамку *B*, линии которой ограничивают поле чертежа 3. Слева от линии рамки *B* расположено поле 2 шириной 20 мм, предназначенное для подшивки чертежа

в альбом. Остальные стороны рамки очерчиваются линиями, отстоящими на 5 мм от края листа. Чертеж выполняется на свободном поле формата, причем графическая часть должна занимать около 75 % поля формата. Необходимые текстовые надписи должны быть максимально краткими и располагаться параллельно основной надписи.

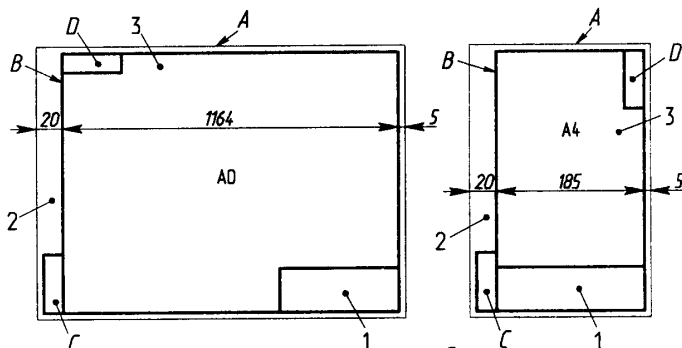


Рис. 3. Размещение дополнительных граф С и D на формате

В условиях производства, кроме основной надписи, на чертежах заполняют и дополнительные графы С и D, форму и размеры которых устанавливает ГОСТ 2.503–90. Примеры таких форматов показаны на рис. 3.

4. МАСШТАБЫ

Геометрические объекты отличаются друг от друга и формами, и размерами, что делает иногда невозможным их изображение в натуральную величину на конкретном формате. Даже для одной и той же машины детали, составляющие ее, вычерчиваются по-разному. Одни из них изображаются в натуральную величину, другие же – в уменьшенном или увеличенном виде. В таких случаях говорят, что предмет изображен в масштабе. Пример выполнения детали в разном масштабе показан на рис. 4.

Масштабом называют отношение линейного размера ($L_{л}$) изображаемого предмета к его натуральному размеру ($L_{н}$):

$$M = L_{л} / L_{н}.$$

ГОСТ 2.302–68 предписывает преобладающее использование натурального масштаба, т. е. соотношения 1:1, если при этом не страдает четкость изображения.

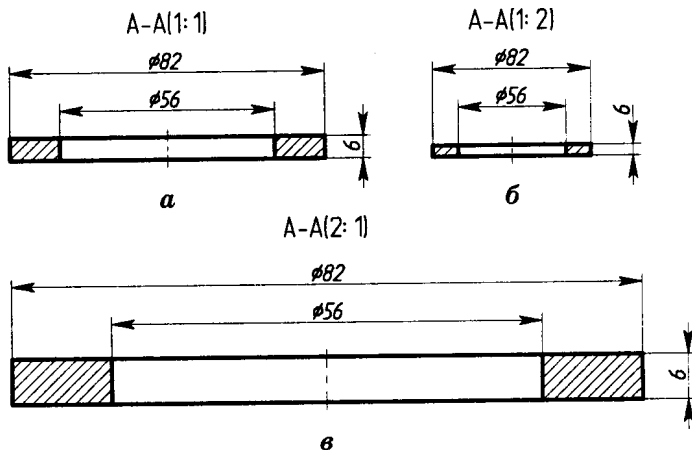


Рис. 4. Изображение детали в разном масштабе:
 а – 1:1; б – 1:2; в – 2:1

В необходимых случаях применяются масштабы увеличения, как-то: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

В противоположных случаях применяются масштабы уменьшения, а именно: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000.




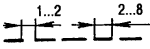
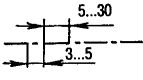
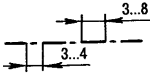
В подобных соотношениях проставляется масштаб в соответствующей графе основной надписи. На поле чертежа масштаб указывается цифрами в круглых скобках по типу (1:n) либо (n:1).


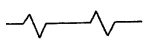
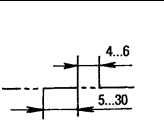
При любом масштабе изображения над размерными линиями наносят только натуральные размеры изделий. Размерные числа проставляют, как правило, в миллиметрах.

5. ЛИНИИ

При выполнении любого чертежа основными элементами являются линии. Согласно ГОСТ 2.303–68 для изображения изделий на чертежах применяют линии различных типов в зависимости от их назначения, что способствует более четкому выражению формы изображаемого изделия. Линии различаются по наименованию, начертанию, толщине и назначению. Все эти варианты объединены в табл. 4.

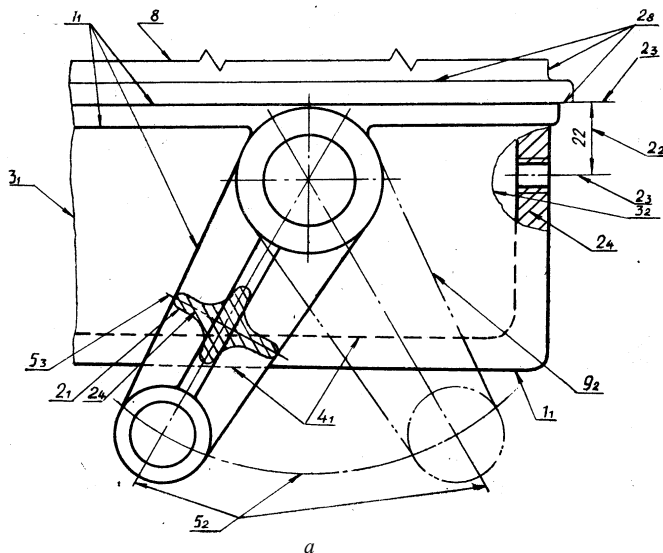
Таблица 4. Линии по ГОСТ 2.303–68

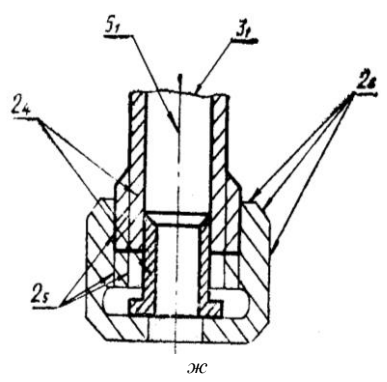
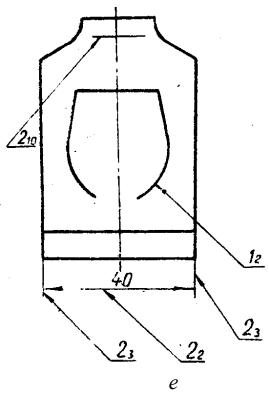
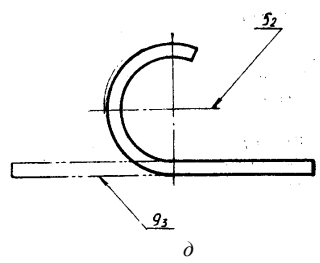
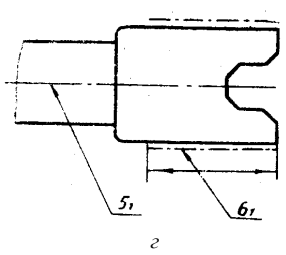
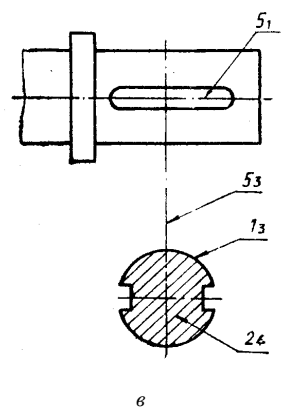
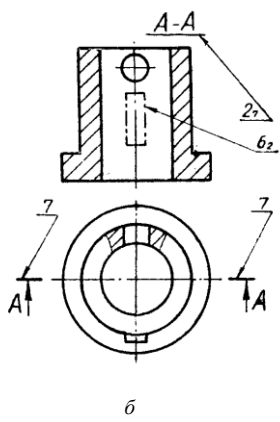
№ п.п.	Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение линии и номер рисунка с ее изображением
1	2	3	4	5
1	Сплошная толстая основная		S ($S = 0,5 \dots 1,4$ мм)	1. Линия контура видимая (рис. 5, а; 5, з) 2. Линия перехода видимая (рис. 5, е) 3. Линия контура сечений кроме наложенных сечений (рис. 5, в)
2	Сплошная тонкая		$S/3 \dots S/2$	1. Линия контура наложенного сечения (рис. 5, а) 2. Линия размерная (рис. 5, а; 5, е) 3. Линия выносная (рис. 5, а; 5, е) 4. Линии штриховки (рис. 5, а; 5, в; 5, ж; 5, и) 5. Линия внутреннего или внешнего диаметра резьбы (рис. 5, ж; 5, з) 6. Линии выноски и полки этих линий (рис. 5, ж; 5, з) 7. Линии для подчеркивания надписей (рис. 5, б) 8. Линии для отображения пограничных деталей (обстановка) (рис. 5, а) 9. Линия ограничения выносного элемента (рис. 5, з) 10. Линии перехода воображаемые (рис. 5, е)
3	Сплошная волнистая		$S/3 \dots S/2$	1. Линия обрыва (рис. 5, а; 5, ж) 2. Линия разграничения вида и разреза для местных разрезов, (рис. 5, а; 5, и)
4	Штриховая		$S/2$	1. Линия невидимого контура (рис. 5, а) 2. Линия перехода невидимая (рис. 5, а)
5	Штрихпунктирная тонкая		$S/3 \dots S/2$	1. Линии осевые (рис. 5, а; 5, в; 5, з; 5, ж; 5, и) 2. Линии центровые (рис. 5, а; 5, в; 5, и) 3. Линии сечения, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений (рис. 5, а; 5, в)
6	Штрихпунктирная утолщенная		$S/2 \dots 2S/3$	1. Линии, изображающие поверхности, подлежащие термообработке (рис. 5, з) 2. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью (наложенная проекция) (рис. 5, б)

1	2	3	4	5
7	Разомкнутая		$S \dots 1,5S$	1. Линия для обозначения положения секущей плоскости в разрезах и сечениях объектов (рис. 5, б)
8	Сплошная тонкая с изломами		$S/3 \dots S/2$	1. Длинные линии обрыва (рис. 5, а)
9	Штрихпунктирная с двумя точками		$S/3 \dots S/2$	1. Линии сгиба на развертках (рис. 5, u) 2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях (рис. 5, а) 3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом (рис. 5, u)

Примеры применения разных типов линий показаны на рис. 5.

Толщина основной сплошной толстой линии выбирается в пределах 0,5...1,4 мм. В большинстве случаев она проводится толщиной в 1 мм. Толщина всех остальных линий является производной величиной от s .





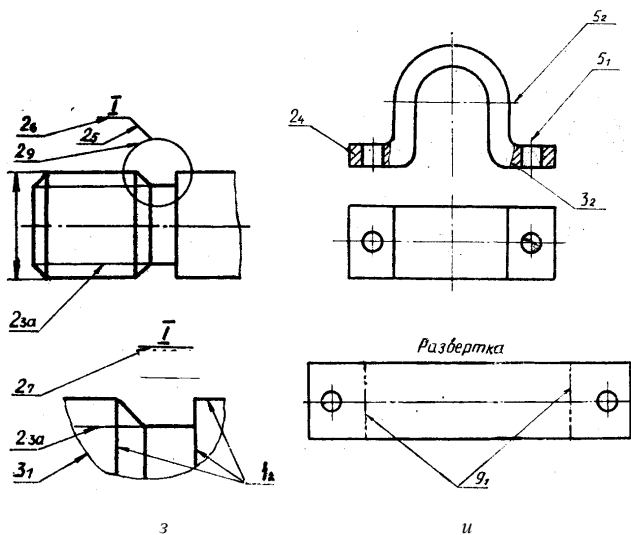


Рис. 5. Применение линий различных наименований:
a – 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9; *б* – 2, 6, 7; *в* – 1, 2, 5; *г* – 5, 6; *д* – 5, 9;
е – 1, 2; *ж* – 2, 3, 5; *з* – 1, 2, 3; *и* – 2, 3, 5, 9

6. ШРИФТЫ

Различают несколько видов шрифтов: типографский, картографический, художественный и др. Шрифтом называют графическое обозначение всех букв, цифр и знаков в системе какого-либо языка.

Надписи, наносимые на чертежи и другие технические документы, должны выполняться стандартным шрифтом. Чертежные шрифты для всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.304–81. Различные надписи и размерные числа на чертежах должны быть понятными и четкими. Стандартом установлено 10 размеров шрифтов: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размер шрифта определяется высотой h прописных букв в миллиметрах. Высота измеряется перпендикулярно основанию строки. Установлено два типа шрифтов: основной *A* и широкий *B*. Буквы и цифры чертежных шрифтов выполняются с наклоном под углом 75° к основанию строки или без наклона.

На рис. 6 показан русский алфавит (кириллица) – шрифт типа *A* с наклоном (рис. 6, *a*) и шрифт типа *A* без наклона (рис. 6, *б*), а на рис. 7, *a*, *б* арабские и римские цифры шрифта *A*. Без наклона допускается писать

наименования, заголовки, обозначения в основной надписи и на поле чертежа, сохраняя форму и размеры букв.



Рис. 6. Прописные и строчные буквы – шрифт типа А: наклонный и прямой

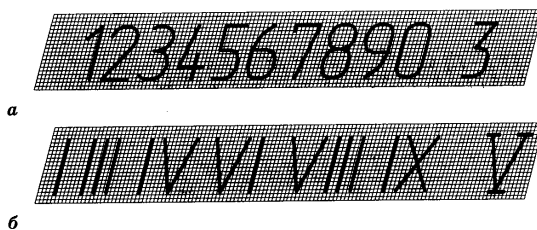


Рис. 7. Арабские и римские цифры шрифта типа А

Параметры шрифта типа А приведены в табл. 5, а их условное обозначение – на рис. 8.

Буквенное обозначение параметров шрифта типов *A* и *B* одинаково.

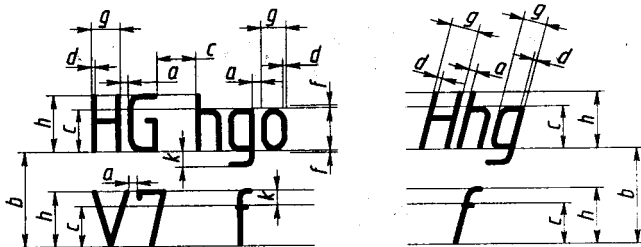


Рис. 8. Параметры для написания букв и цифр шрифта типа *A*

Таблица 5. Параметры шрифта

Параметры шрифта типа <i>A</i>	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм
Размер шрифта: высота прописных букв высота строчных букв	h c	$14/14h$ $14d$ $10/14h$ $10d$	2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10; 14; 20 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10; 14
Расстояние между буквами	a	$2/14h$ $2d$	0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0; 2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	$22/14h$ $22d$	4,0; 5,5; 8,0; 11; 16; 22; 31
Минимальное расстояние между словами	e	$6/14h$ $6d$	1,1; 1,5; 2,1; 3,0; 4,2; 6,0; 8,4
Толщина линий	d	$1/14h$ d	0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4

Примечание. Расстояние между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, *ГА, АТ*) может быть уменьшено наполовину.

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

Ширина g букв различна и составляет $6/14h \dots 11/14h$ для прописных букв.

Ширина цифр составляет $3/10h$ (для 1), $6/14h$ (для 3 и 5), $7/14h$ (для 2, 4, 6, 7, 8, 9, 0).

Расстояние k , используемое для начертания некоторых строчных букв, составляет $4/14h$, величина $f - 1/28 h$.

7. ГРАФИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ

При выполнении технических чертежей применяют изображения предметов, условно рассеченных по указанному направлению. В связи с этим появляется необходимость различать материалы, из которых изготовлены эти предметы. Материалы различают с помощью соответствующей штриховки, наносимой по ГОСТ 2.306–68. Варианты штриховок показаны на рис. 9.




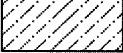


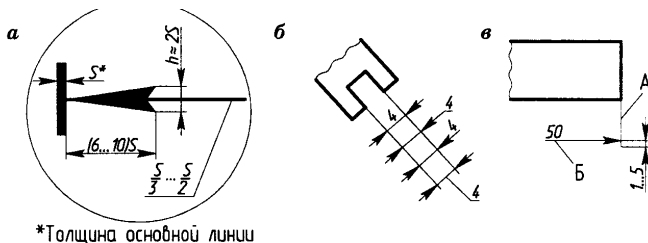
Материал	Обозначение
Металлы, сплавы	
Резина, непрозрачные пластмассы	
Стекло, светопрозрачные пластмассы	
Грунт	
Бетон	
Дерево, направление секущей плоскости:	
поперек оси	
вдоль оси по вертикали	
вдоль оси по горизонтали	

Рис. 9. Образцы штриховок для графических обозначений некоторых материалов

8. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

8.1. Общие сведения

Правила нанесения размеров на чертежах устанавливает ГОСТ 2.307–68. Для нанесения размеров применяют выносные *A* и размерные *B* линии, а также размерные числа. Размерные линии отличаются от выносных наличием на своих концах стрелок. Размеры последних выбирают исходя из толщины *s* основной линии (рис. 10, *a*, *б*, *в*).



*Толщина основной линии

Рис. 10. Параметры и размещение стрелок на размерных линиях:
a – образец начертания стрелки;
б – варианты простановки размерного числа;
в – примеры линий: *A* – выносной, *B* – размерной

Размерные числа показывают действительные (натуральные) размеры изделий. Толщина выносных и размерных линий выбирается в пределах $s/3 \dots s/2$. Ширину и толщину линий цифр выбирают исходя из высоты h прописных букв и цифр, наносимых на чертеже.

При нанесении размеров изделия на чертеже необходимо выполнять ряд требований. Размерные линии должны располагаться на расстоянии $6 \dots 10$ мм от основных линий контуров предметов, изображаемых на чертеже. Это же расстояние должно быть между смежными размерными линиями. Выносные линии должны выходить за концы стрелок примерно на $1 \dots 5$ мм. Размерные линии следует наносить преимущественно вне контура изображения изделия. Взаимное пересечение размерных линий либо пересечение их посторонними выносными линиями не допускается. Размерные числа следует проставлять по возможности ближе к середине размерной линии (рис. 11, *a*, *б*, *в*).

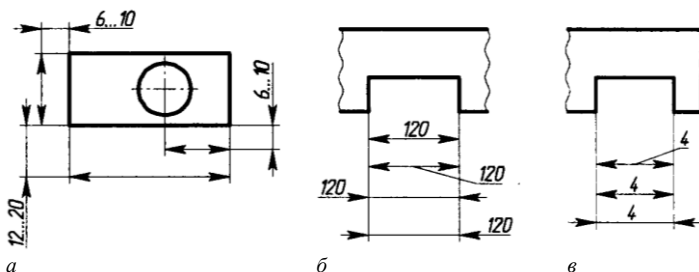


Рис. 11. Расположение размерных линий и чисел:
a – диапазон расстояний для размещения размерных линий;
б, *в* – примеры нанесения размерных линий с размерными числами

При нанесении размерных чисел допускается прерывать осевую линию, а также линии штриховки. Линии контура в подобных случаях разрывать не допускается. При наличии нескольких линейных размеров размерные числа следует располагать в шахматном порядке (рис. 12, *а, б, в*). Не допускается повторять размеры одного и того же элемента изделия на разных изображениях. Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы величины. В технических требованиях, пояснительных надписях на поле чертежа обязательно указывают единицы измерения величин.

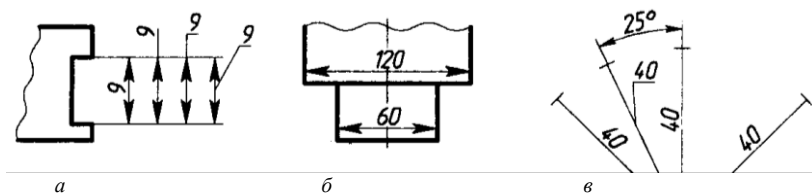


Рис. 12. Примеры нанесения размерных чисел: *а* – простановка чисел на вертикальных размерных линиях; *б* – простановка чисел с разрывом осевой линии; *в* – простановка чисел на наклонной линии

Различают номинальные, установочные, присоединительные и габаритные размеры. Размеры изделия, нанесенные на чертеже, называют номинальными. Установочные и присоединительные размеры определяют величины элементов, по которым изделие устанавливается на месте монтажа или присоединяется к другому изделию. Габаритные размеры определяют предельные внешние (внутренние) очертания предметов. Размерные числа линейных размеров наносят по правилам, установленным стандартом, и располагают над размерной линией. Это правило следует сохранять при любом наклоне размерных линий. Выбор правильного варианта нанесения размерных линий осуществляют в сравнительной оценке с примерами (рис. 13, 14).

Для лучшего восприятия информации размерные числа в заштрихованных зонах наносят на полках линий-выносок (углы 30° и менее) (рис. 15). Выполняя чертеж диска толщиной 10 мм с четырьмя отверстиями, следует исходить из того, что расстояние между отверстиями одинаковое, и они расположены на одной дуге. В этом случае рекомендуется угловые размеры наносить с простановкой крайнего углового размера (16°), а общий угловой размер – как произведение количества промежутков между отверстиями на угловой размер одного промежутка

(рис.16, *a*). При изображении незакономерной кривой линии (плоская деталь, рис. 16, *б*) размеры криволинейного контура наносят размерными и выносными линиями по вертикали и горизонтали.

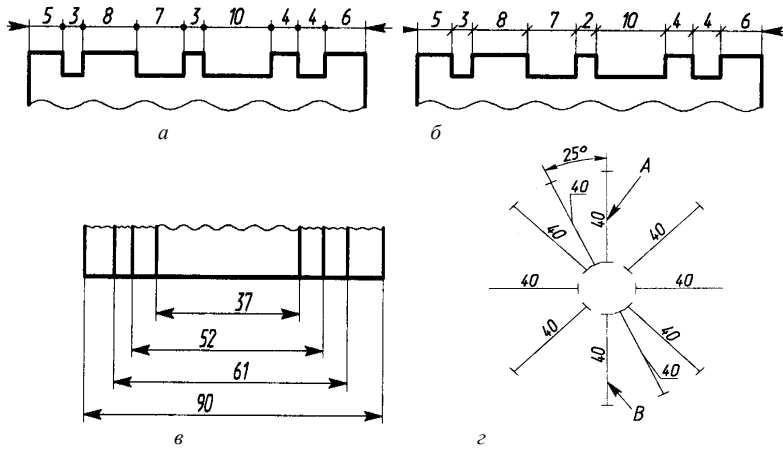


Рис. 13. Примеры нанесения размерных линий:
a, б – варианты нанесения размерных линий цепным способом (размерные линии ограничены точкой или штрихом);
в – нанесение размерных линий координатным способом;
г – простановка размерных чисел на наклонных размерных линиях

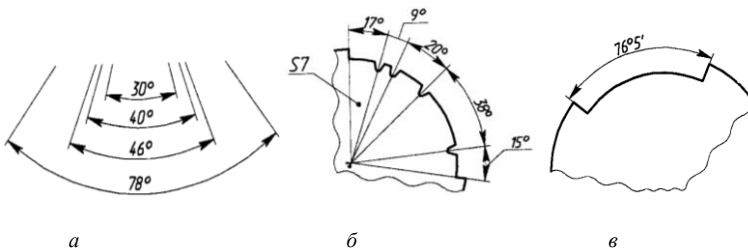


Рис. 14. Примеры простановки угловых размеров:
a – простановка углов концентричным способом;
б – простановка размеров углов на единой дуговой линии (*S7* – толщина детали);
в – простановка размера с градусами и минутами

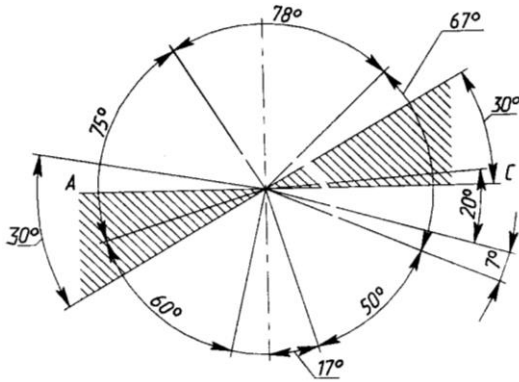


Рис. 15. Расположение размерных чисел
(AC – разграничивающая зоны линия)

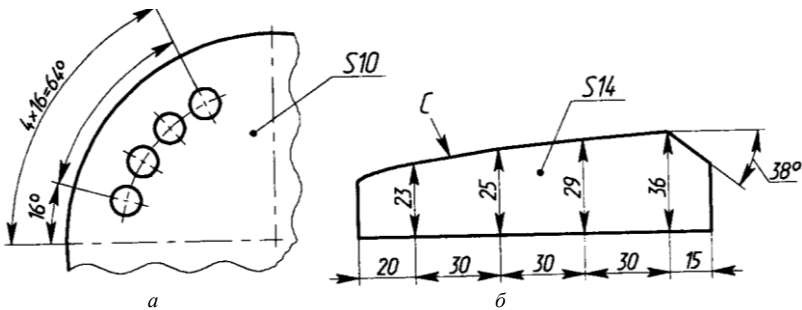


Рис. 16. Примеры простановки угловых размеров:
а – простановка размеров одинаковых углов;
б – вариант простановки размеров на криволинейном контуре С
(S10, S14 – толщина детали)

8.3. Нанесение размеров диаметров и радиусов

Цилиндрические поверхности изделий на чертежах обозначают условным знаком \varnothing . Высота и наклон прямой знака соответствуют высоте h и наклону размерных чисел (75°). Размер окружности знака составляет $5/7h$. Знак диаметра наносят над размерной линией перед размерным числом, например $\varnothing 30$, $\varnothing 16$. Возможные варианты простановки размеров диаметров показаны на рис. 17.

Если изделие имеет несколько одинаковых окружностей, то допускается изображение только крайних отверстий, а центры остальных показывают короткими штрихами. Размеры отверстий и их количество наносят на одном из них (рис. 18, *а*). Общий же размер между осями крайних отверстий проставляют как произведение величины одного промежутка на их количество. Размеры диаметров могут указываться не только на окружностях, но и на изображении тел вращения, показанных с помощью образующих. Тогда размер диаметра следует наносить между образующими (рис. 18, *б*).

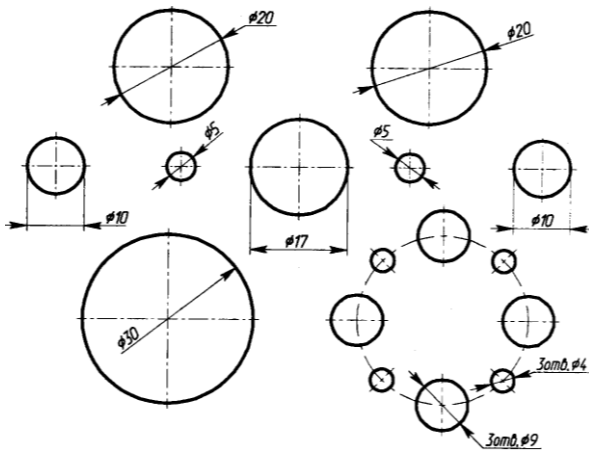


Рис. 17. Простановка диаметров

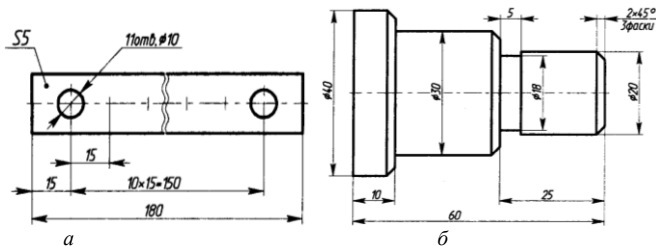


Рис. 18. Простановка диаметров на изображениях детали:
а – простановка диаметров для нескольких равномерно расположенных отверстий (*S5* – толщина пластины); *б* – простановка диаметров и размеров длин участков для цилиндрической детали

Размерную линию диаметра допускается наносить с обрывом (рис. 17), при этом обрыв должен выполняться дальше центра окружности. Поверхности элементов изделий, имеющих цилиндрическую форму на замкнутой окружности, обозначают знаком \varnothing . Если поверхность представлена незамкнутой окружностью, поступают следующим образом: при величине дуги окружности 180° и более проставляют знак \varnothing , при величине дуги менее 180° проставляют R (рис. 19).

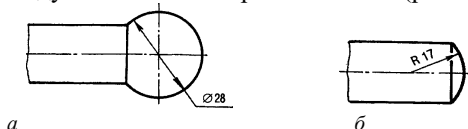


Рис. 19. Проставка размеров на дугах со знаками диаметра и радиуса

На рис. 20 представлены фрагменты изделий с полным изображением отверстий разных типов (в разрезе), а также варианты упрощенного изображения с нанесением размеров отверстий и их элементов.

При обозначении радиуса перед размерным числом, указывающим величину радиуса, наносит букву R . Высота этой буквы и ее наклон должны быть аналогичны размерным числам. При обозначении радиуса необходимо соблюдать общие правила.

При нанесении наружных и внутренних радиусов скруглений выбирают вариант из нескольких, представленных ниже. На одной прямой линии два радиуса не располагают, а наносят их на разных направлениях. Размерную линию радиуса проводят из центра окружности (рис. 21).

Радиусы могут проставляться как с внешней, так и с внутренней стороны дуги (рис. 22).

При большой величине радиуса центр можно приближать к дуге, а размерную линию радиуса выполнять с изломом под углом 90° (рис. 23, *a*). В обозначении может присутствовать слово «сфера», если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей (рис. 23, *b*).

На чертежах могут указываться линейные размеры дуг. Размерная линия дуги проводится концентрично дуге, выносные линии – параллельно биссектрисе угла. Над размерным числом наносят знак \frown (рис. 24, *a*). Допускается при нанесении размеров располагать выносные линии радиально (рис. 24, *b*). Помимо упомянутых знаков часто используется знак толщины детали, если ее нельзя увидеть на данном изображении. Толщина детали указывается латинской буквой S и цифрой (рис. 16, *a*; рис. 18, *a*; рис. 24).

Если радиусы скруглений на всем чертеже одинаковы, то вместо нанесения размеров этих радиусов на изображениях изделий делают соответствующую запись в технических требованиях. Например, записывают: «Радиусы скруглений 2,5 мм».

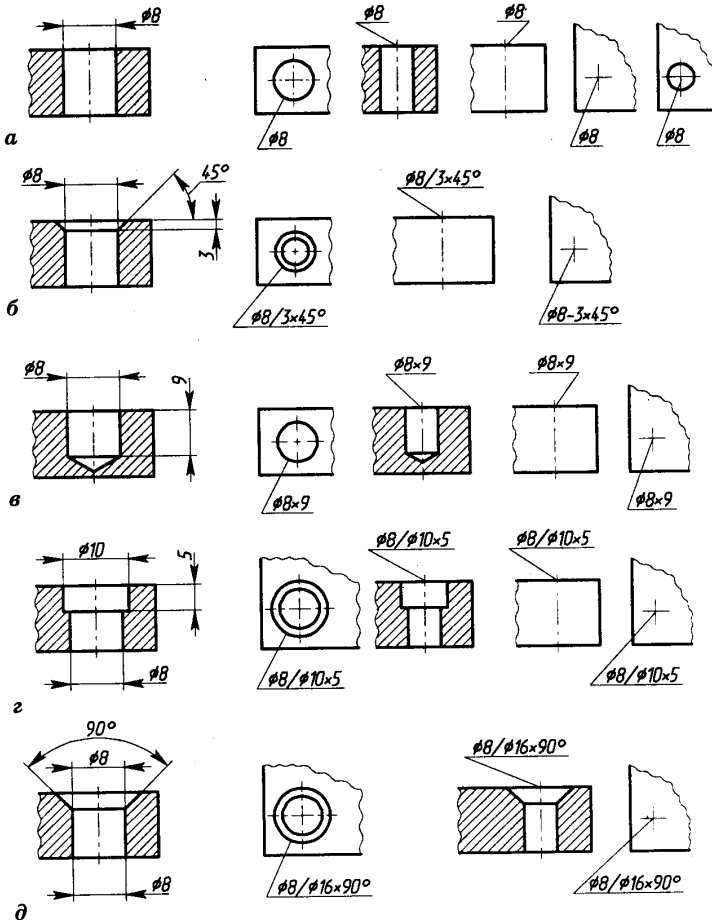


Рис. 20. Варианты простановки размеров диаметра и глубины отверстий:
 а – простановка только диаметра; б – простановка диаметра и фаски в 45° ;
 в – простановка диаметра и глубины глухого отверстия;
 г – простановка диаметра и глубины сквозного ступенчатого отверстия;
 д – простановка диаметра отверстия, двойного угла и диаметра фаски

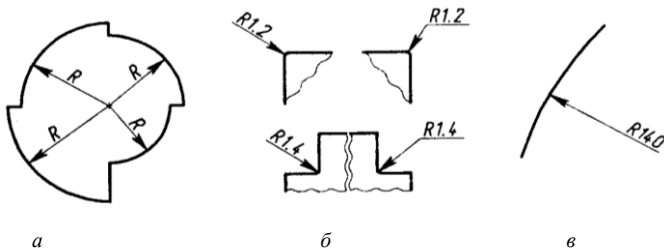


Рис. 21. Примеры простановки радиусов дуг:
a – из центра дуги; *б, в* – без указания центра

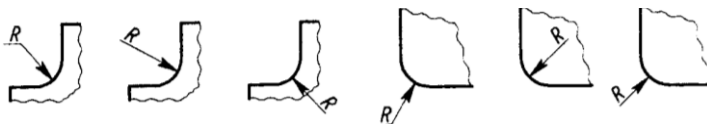


Рис. 22. Простановка радиусов скруглений

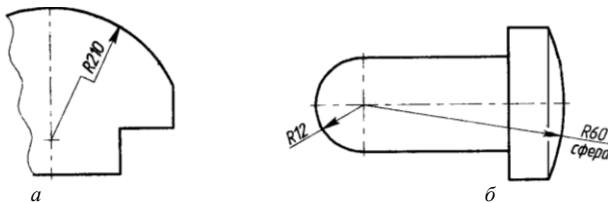


Рис. 23. Простановка радиусов дуг:
a – простановка радиуса линией с изломом;
б – простановка радиуса с указанием формы поверхности

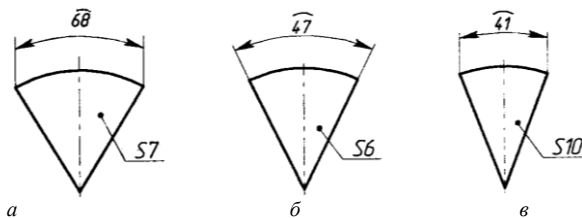


Рис. 24. Простановка длины дуги (*S7, S6, S10* – толщина сектора)

Помимо вышеуказанных знаков используется также знак \square . Он наносится перед размерным числом, указывающим сторону квадрата.

Благодаря этому знаку имеется возможность отображения торцевой формы (рис. 25, *a*) предмета без ее вычерчивания (рис. 25, *б*). Тонкие линии *A* и *C*, проведенные по диагоналям, обозначают плоскую (не цилиндрическую) поверхность.

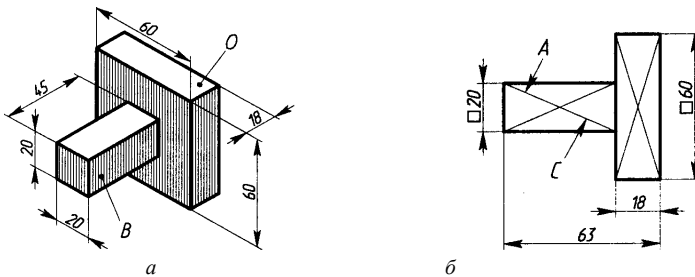


Рис. 25. Простановка размеров на стержне квадратного сечения:
a – аксонометрическая проекция изделия; *б* – вид спереди этого же изделия

8.4. Нанесение размеров фасок

Фаска – это скошенная кромка бруска, стержня, листа, отверстия. Фаска на торце стержня (вала) представляет собой образующую усеченного конуса, расположенную под заданным углом к его оси. Ниже представлены возможные варианты изображения фасок, нанесения линейных и угловых размеров.

При изображении брусков и листов размеры фасок наносят двумя линейными размерами (рис. 26, *a*), одним линейным и одним угловым размером (рис. 26, *б*), либо линейным и угловым размером в общей записи через знак \times (рис. 26, *в*).

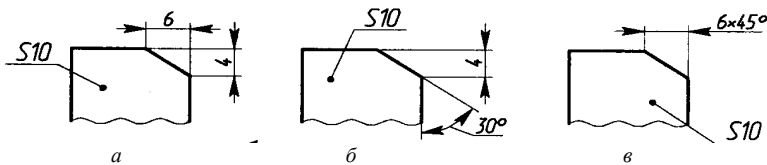


Рис. 26. Простановка размеров фасок: *a* – двумя линейными размерами;
б – одним линейным и одним угловым размером;
в – комбинированным способом

При изготовлении стержней (валов, осей) одного диаметра фаски снимают с двух торцов. На чертежах изделий размеры фасок вала наносят одним линейным и одним угловым размером (рис. 27, а) или двумя цифрами через знак умножения (рис. 27, в). Первая цифра указывает высоту усеченного конуса, вторая – угол наклона образующей конуса к его оси.

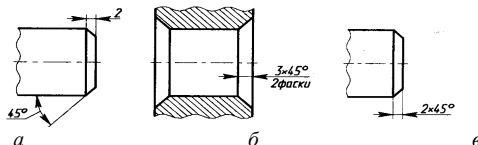


Рис. 27. Простановка размеров фасок на стержне и в отверстии:
а, в – фаски на внешней поверхности; б – фаска на внутренней поверхности

Если на чертеже присутствует несколько одинаковых фасок, обозначения наносят на одну из них с указанием числа фасок (рис. 27, б).

Для фасок малых размеров (менее 1 мм) размеры проставляют комбинированным способом, сам же контур фаски допускается не показывать (рис. 28, а, в). Можно указывать двойной угол фаски (рис. 28, б).

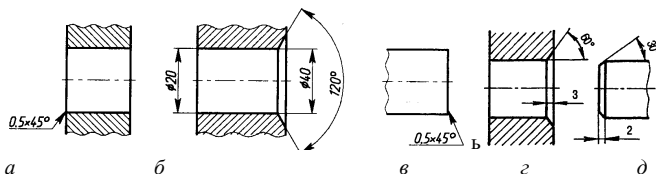


Рис. 28. Простановка размеров на малоразмерные фаски и фаски с углами 30° и 60°:
а, б – простановка размеров на фаски малых размеров; в – простановка двойного угла;
г, д – простановка размеров на фаски с углами 30° и 60°

Номинальный размер фасок предусматривает углы их наклона 30°, 45° и 60°. Больше распространение получили фаски с углом 45°. Фаски, выполненные под углом 30° и 60°, применяются реже. Размеры на них указываются раздельными линейным и угловым размерами.

9. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

9.1. Построение уклона

Наклон одной прямой линии к другой на чертежах задается не только величиной угла, но и уклоном, обозначаемым i . Эта величина

определяет отклонение прямой линии от горизонтального или вертикального положения. Уклон можно выразить из прямоугольного треугольника (рис. 29) как $i = h/l = \operatorname{tg}\alpha$, где α – величина острого угла в градусах, противолежащего стороне h .

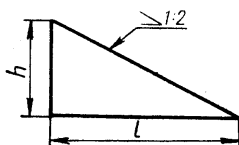


Рис. 29. Простановка уклона для наклонной линии

Таким образом, уклон определяется указанным отношением катетов прямоугольного треугольника либо тангенсом угла наклона линии к горизонтали. Обозначение уклона содержит его знак \angle (острый край знака направляется в нижнюю сторону линии) и цифровое значение, выраженное соотношением $1:n$, где n любое целое число. Величина уклона линии может измеряться сотыми долями целого числа либо выражаться процентами (рис. 30, з). На рис. 30, д показан пример построения линии с уклоном $1:10$.

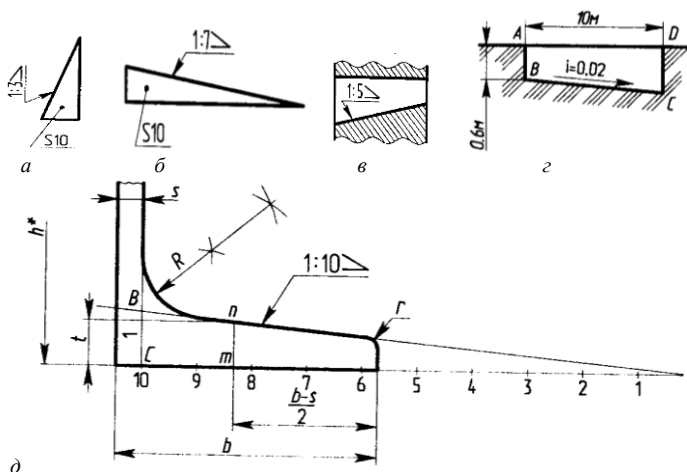


Рис. 30. Простановка значений уклонов при различной ориентации линий: а – вертикальное положение; б – горизонтальное положение ($S10$ – толщина детали); в – простановка уклона на внутреннем контуре; з – простановка уклона в сотых долях; д – построение уклона $1:10$ по заданным размерам (h, t, s, b)

9.2. Построение конусности

Коническая поверхность довольно часто встречается в технических деталях. Она может быть наружной (рис. 31, *a*, *б*, *д*, *e*) и внутренней (рис. 31, *в*, *з*). Угол между образующими конуса в осевом сечении считают углом конуса и обозначают 2α , где α угол между образующей конуса и его осью. Обозначение конусности на чертеже содержит знак конусности \sphericalangle и цифровое соотношение по типу $1:n$, где n любое целое число. Знак \sphericalangle должен быть проставлен острием в сторону вершины конуса.

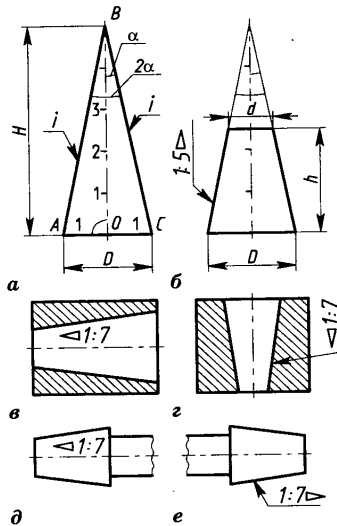


Рис. 31. Примеры построения и обозначения конусности:

- a* – полный конус;
- б* – усеченный конус;
- в*, *д* – обозначение конусности на оси конуса;
- г*, *е* – обозначения на контуре конуса

Построение образующих прямого кругового конуса с заданной конусностью (например, $1:5$) сводится к построению двух прямых AB и BC (рис. 31, *a*, *б*) с уклоном $i = K/2$ относительно оси конуса. Конусность K равна удвоенному уклону линии AB или BC :

$$K = i + i = OA/OB + OC/OB = \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{tg} \alpha.$$

Аналогичным образом осуществляется построение усеченного конуса по заданным параметрам (рис. 31, б).

Конусность поверхностей изделия может быть подсчитана по размерам диаметров и высот элементов поверхности:

а) для прямого кругового конуса (рис. 31, а) $K = D/H$;

б) для усеченного конуса (рис. 31, б) $K = (D - d)/h$.

ГОСТ 8593–81 устанавливает стандартные конусности и уклоны, которыми пользуются при конструировании и изготовлении изделий: 1:3, 1:5, 1:7, 1:8, 1:10, 1:12, 1:15, 1:20, 1:30, 1:50, 1:100, 1:200.

9.3. Деление отрезка на равные части. Построение перпендикулярных прямых

Для деления заданного отрезка AB на две равные части можно воспользоваться циркулем. Из точек A и B произвольным радиусом R проводят дуги до их взаимного пересечения (рис. 32, а). Точки пересечения C и D дуг соединяют прямой линией. Из построения очевидно $OA = OB$, $CD \perp AB$. Для последующего деления на две равные части уже отрезка OB из точек O и B произвольным радиусом R_1 проводят дуги и точки E и F соединяют между собой линией, которая определяет искомую точку P и т. д. Любой участок прямой линии можно разделить на любое число равных частей при помощи угольника и линейки (рис. 32, в). Для этого под произвольным углом α к заданной прямой проводят прямую AK , на которой откладывают необходимое число отрезков (в данном случае четыре) произвольной, но равной длины: $ab = bc = cd = df$. После соединения прямой линией точек f и F параллельно ей из точек d , c и b проводят линии, которые пересекут прямую AF в точках D , C , B и разделят ее на четыре равные части.

Для построения перпендикуляра к имеющейся прямой в заданной точке можно также использовать циркуль (рис. 32, б). Из точки C произвольным радиусом R проводят дугу и отмечают точку K . Сохраняя радиус R из точки K проводят аналогичную дугу и отмечают уже точку O . Через точки K и O проводят прямую линию, после чего из точки O радиусом R проводят третью дугу и отмечают точку M . Соединяя точку M с точкой C , получают перпендикуляр к прямой AB , т. е. $MC \perp AB$ (как подтверждение вспомним теорему из элементарной геометрии: в прямоугольном треугольнике катет, лежащий против угла 30° , равен половине гипотенузы). По построению $MK = 2CK$.

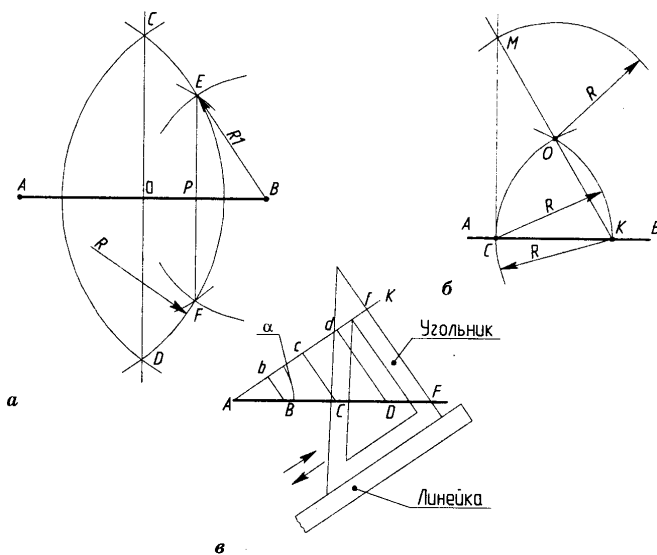


Рис. 32. Перпендикуляр к линии и деление отрезка:
 а – построение перпендикуляра в середине отрезка;
 б – построение перпендикуляра в произвольной точке;
 в – деление отрезка на равное количество частей

9.4. Деление окружности на равные части

Деление окружности на равные части и построение правильных вписанных многоугольников можно выполнить либо расчетным, либо графическим способом.

Расчетный способ позволяет с достаточной для практики точностью поделить окружность на некоторое равное число частей, используя таблицу хорд (хорда – это прямая линия, соединяющая две точки окружности, минуя ее центр). В таблице указаны коэффициенты, на которые нужно умножить диаметр, чтобы получить размер хорды, соответствующей стороне многоугольника, вписанного в данную окружность.

Любая проведенная окружность имеет центр и две взаимно-перпендикулярные оси, которые делят окружность на четыре равные части. Даже если по какой-то причине центр отсутствует, его можно построить. Для этого существует несколько способов. Один из них показан на рис. 33. Для определения центра дуги или окружности проводят две

произвольные хорды и графически делят их на две равные части. Точка пересечения получающихся при разделении хорд двух перпендикуляров и является центром окружности.

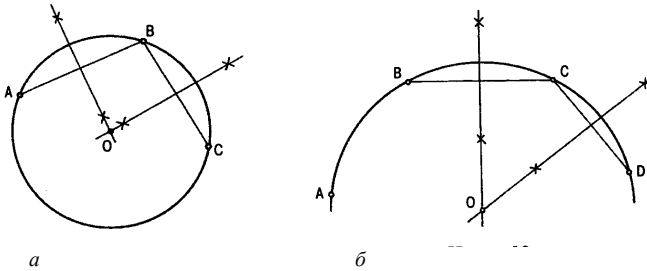


Рис. 33. Определение центра окружности

Деление окружности на три либо шесть равных частей не представляет никаких затруднений, так как выполняется при помощи радиуса этой же окружности (рис. 34, *a*, *б*).

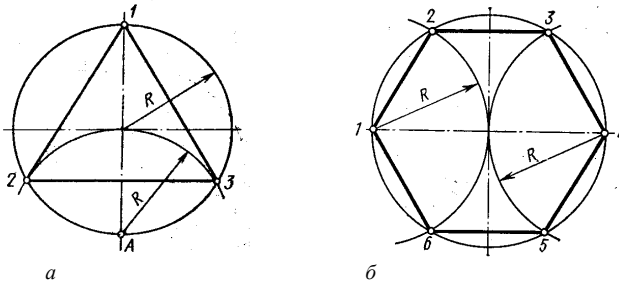


Рис. 34. Деление окружности: *a* – на три равные части; *б* – на шесть равных частей

Деление окружности на пять частей предполагает несколько большее количество построений, представленных на рис. 35, *a*. В данном случае радиус OA окружности делим на две равные части, для чего из центра окружности радиусом R проводим дугу, которая пересекает окружность в точках B и C . Соединив эти точки, находим точку D , из которой проводится дуга $1K$ радиусом $1D$. Отрезок $1K$ и представляет собой хорду пятиугольника, вписанного в эту окружность. По этой длине строятся точки: 2, 3, 4, 5. Для того чтобы поделить окружность на 10 равных частей, первую сторону пятиугольника делят перпендикуля-

ром на две равные части и фиксируют точку его пересечения с окружностью. Хорда окружности, полученная при этом, является одной десятой частью. Длина хорды может быть взята из табл. 6.

Графический способ деления окружности на большее количество частей описан в соответствующей литературе. Один из примеров (на семь частей) показан на рис. 35, б.

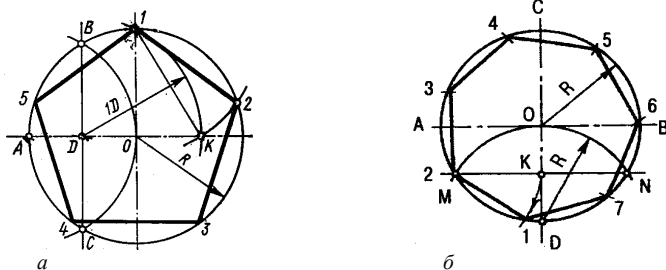


Рис. 35. Деление окружности: а – на пять частей; б – на семь частей

Т а б л и ц а 6. Коэффициент для хорды окружности

Число частей	Коэффициент	Число частей	Коэффициент	Число частей	Коэффициент
2	1,000	7	0,434	12	0,258
3	0,866	8	0,383	13	0,239
4	0,707	9	0,342	14	0,223
5	0,588	10	0,309	15	0,208
6	0,500	11	0,282	16	0,195

9.5. Сопряжения линий

Сопряжением двух линий называется плавный переход одной линии в другую. Различают сопряжение одной прямой с другой, прямой и кривой линиями, а также сопряжение двух кривых. Первая линия переходит во вторую по дуге окружности. Эта дуга называется дугой сопрягающей окружности. Радиус окружности – радиус сопряжения. Центр этой окружности – центр сопряжения. Точка, где одна линия переходит в другую, является точкой сопряжения. Все эти элементы показаны на рис. 36.

Сопряжения линий бывают внешние, внутренние и смешанные. Рассматривая сопряжения двух окружностей, мы видим, что при внешнем сопряжении центры окружностей лежат вне сопрягающей окружности (рис. 37, а), а при внутреннем сопряжении – внутри сопрягающей

окружности (рис. 37, б). При смешанном же сопряжении центр одной окружности лежит вне сопрягающей окружности, а центр другой – внутри сопрягающей окружности (рис. 37, в).

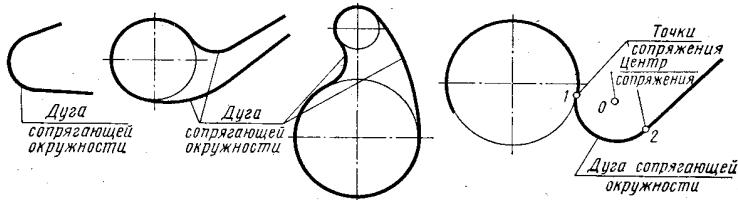


Рис. 36. Элементы сопряжений

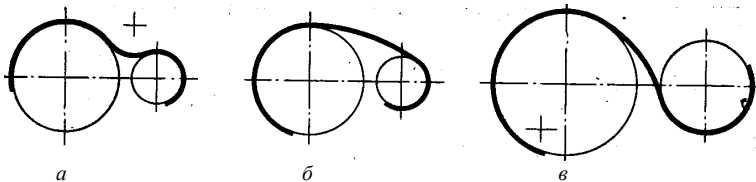


Рис. 37. Сопряжение окружностей: а – внешнее сопряжение; б – внутреннее сопряжение; в – смешанное сопряжение

При построении внешнего сопряжения двух окружностей заданным радиусом R необходимо найти центр сопряжения. Этот центр (точка O) определяется как точка пересечения двух дуг радиусов $R_3 = R_1 + R$ и $R_4 = R_2 + R$ (рис. 38, а). Далее находят точки сопряжения (C_1, C_2) как точки пересечения линии, попеременно соединяющей точки O и O_1 , а также O и O_2 с самими окружностями. Наконец проводят сопрягающую дугу из центра O между точками сопряжения. Аналогично строят внутреннее сопряжение, но центр сопряжения определяет точка пересечения дуг, радиусы которых равны не сумме, а разности радиуса сопрягаемой окружности и радиуса сопряжения (рис. 38, б).

В таком же порядке строятся смешанное сопряжение двух окружностей или дуг (рис. 39, а, б), определяя центр и точки сопряжения, а затем сопрягающую дугу заданного радиуса. Центр сопряжения в этом случае определяется точкой пересечения дуг: радиус первой из них равен сумме радиуса окружности и сопрягающего радиуса, радиус же второй дуги равен разности между радиусом второй заданной окружности и сопрягающим радиусом.

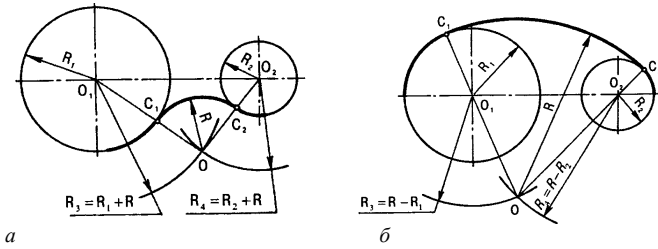


Рис. 38. Построение сопряжений заданным радиусом:
a – внешнего; *б* – внутреннего

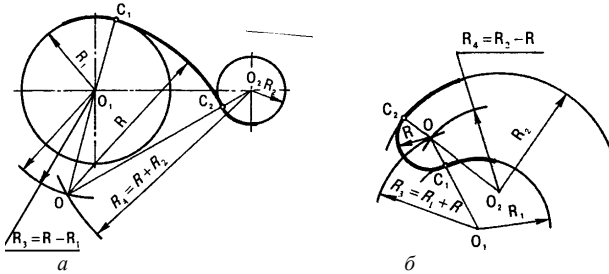


Рис. 39. Построение смешанного сопряжения: *a* – двух окружностей;
б – двух дуг

Сопряжение дуги окружности и прямой линии (рис. 40) также сводится к нахождению центра сопряжения (точки O) и точек сопряжения (C и C_1). Центр O определяется как точка пересечения дуги радиуса $R_2 = R_1 + R$ и прямой, параллельной заданной линии и отстоящей от нее на расстоянии R . Построение точек сопряжения ясно из приведенного рисунка.

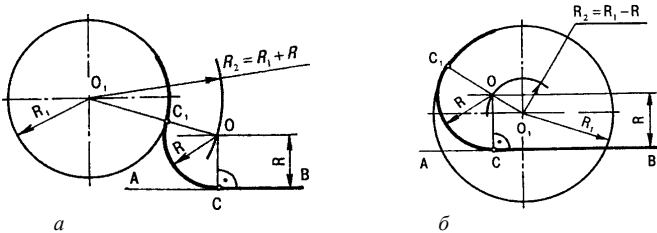


Рис. 40. Построение сопряжений прямой и окружности: *a* – внешнего;
б – внутреннего

Варианты сопряжений двух прямых линий, иначе называемых скруглениями, представлены на рис. 41, *а*, *б*, *в*. Как и в предыдущих сопряжениях, отыскиваются центр и точки сопряжений, после чего проводится сопрягающая дуга. Центр в данном случае определяется пересечением двух прямых, проведенных параллельно сопрягаемым прямым, отстоящим от них на расстоянии R . Точки сопряжения определяются по пересечению перпендикуляра из точки O к сопрягаемой прямой.

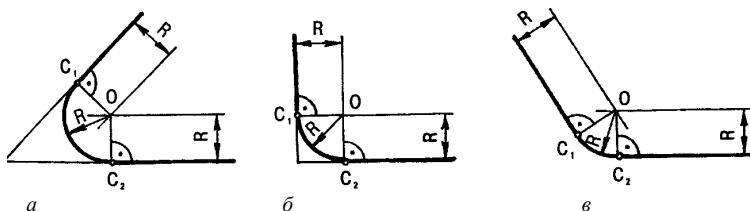
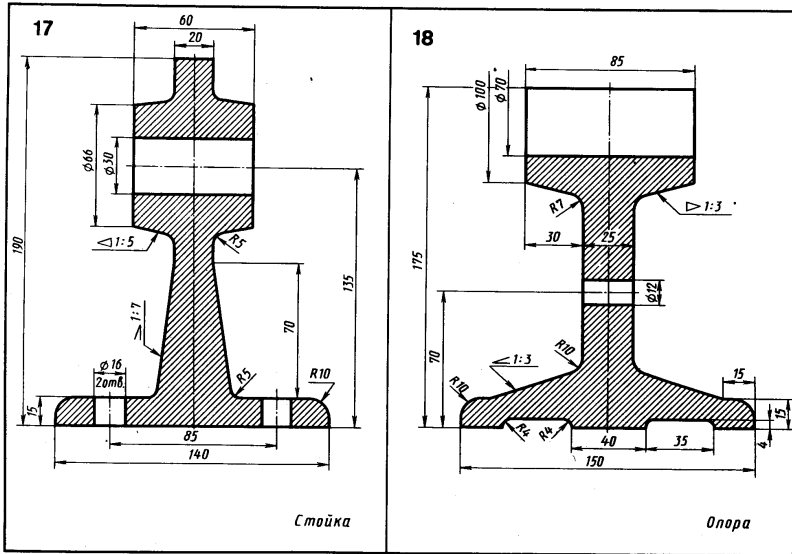


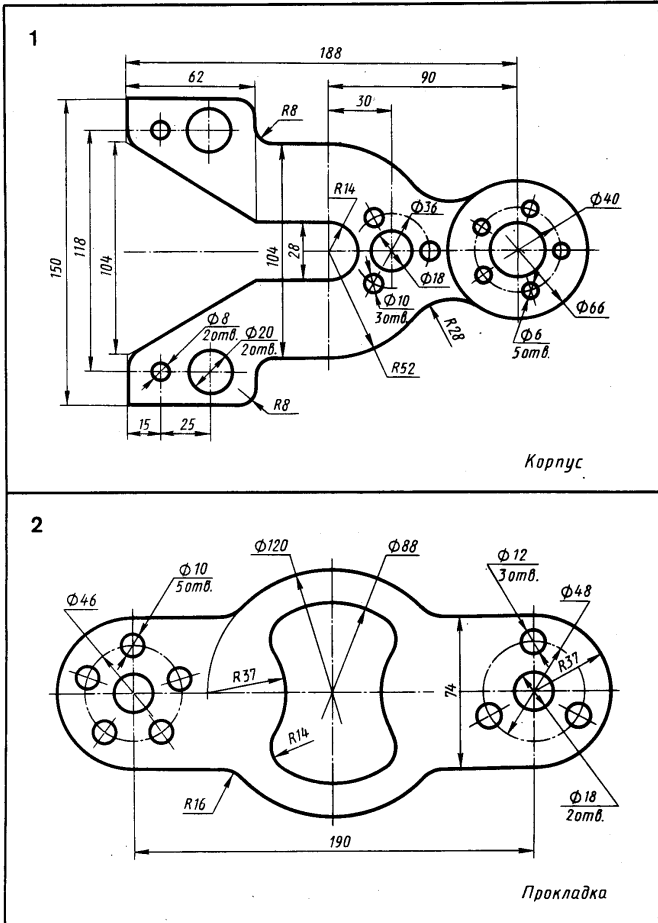
Рис. 41. Скругление угла двух прямых: *а* – острый угол; *б* – прямой угол; *в* – тупой угол

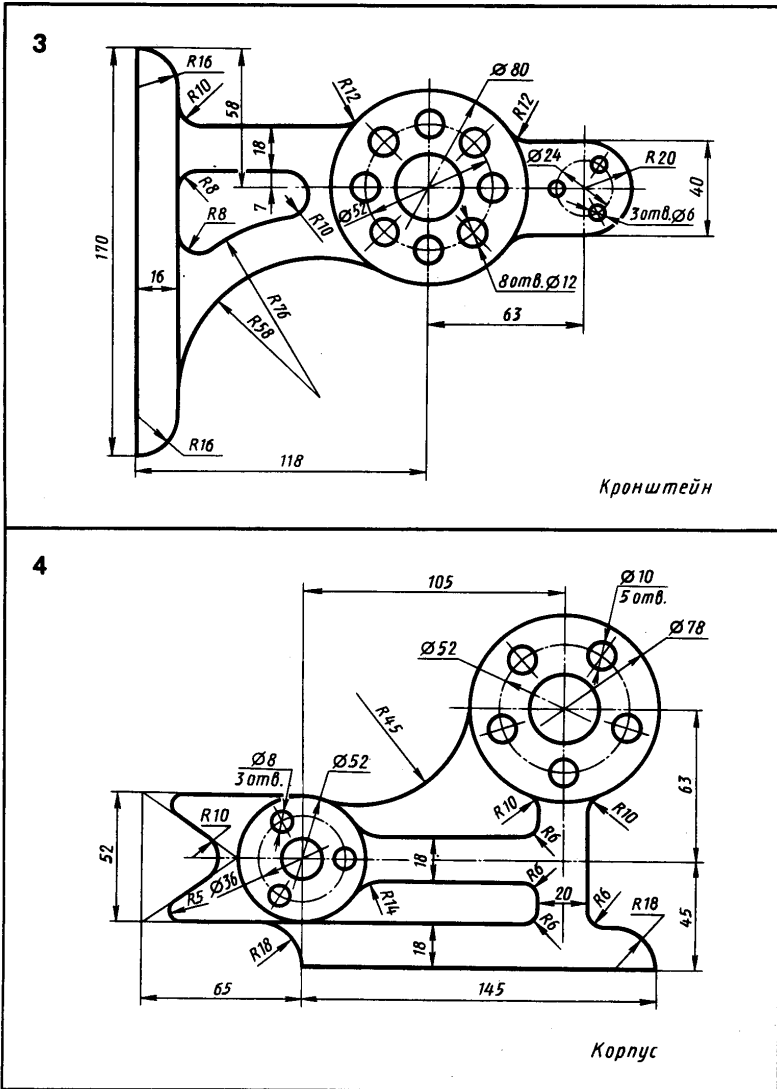
ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

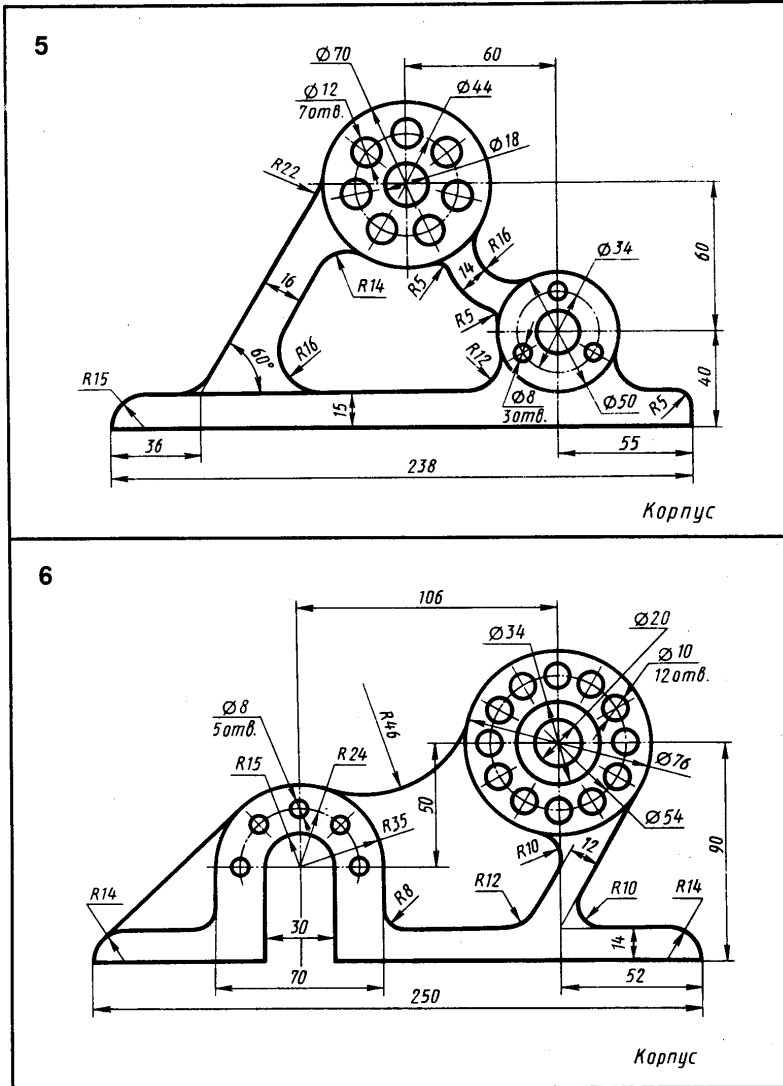
Задание 1. Вычертить по заданным размерам и варианту (прил. 1) контуры указанной детали. Линии построения уклона и конусности сохранить.

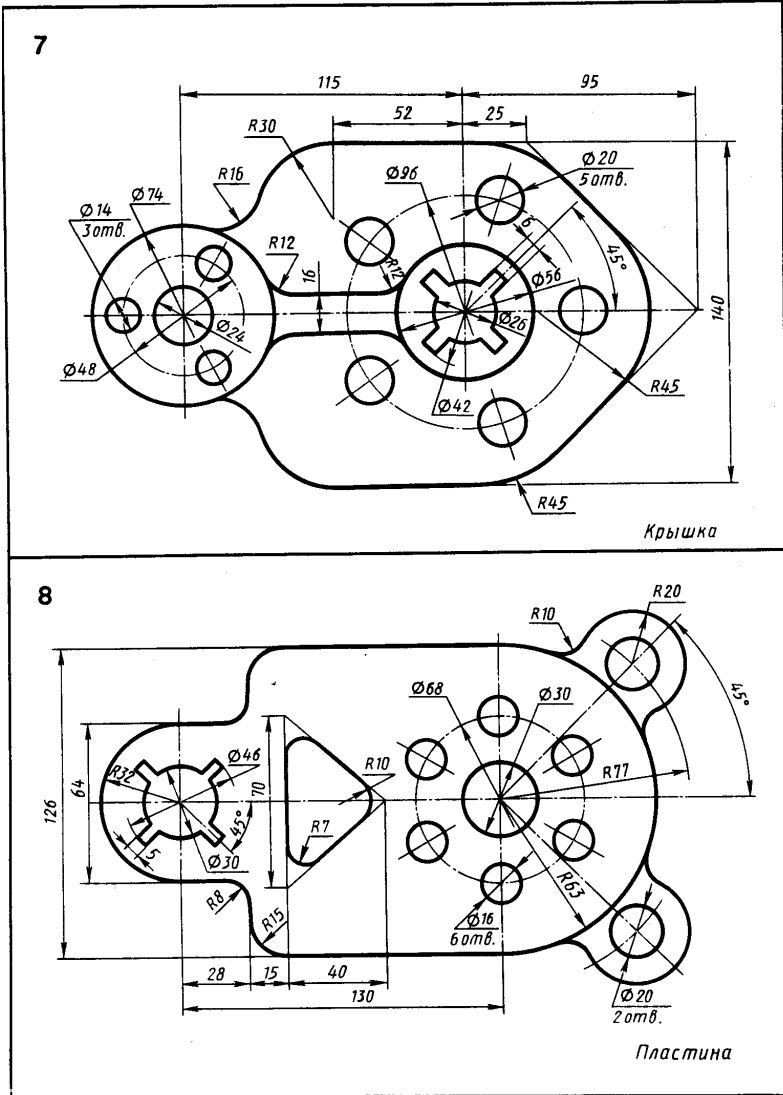
Задание 2. Вычертить в соответствии с указанным вариантом (прил. 2) контур детали, соблюдая размеры, а также правила построения сопряжений и деления окружностей на равные части. Для одного из построенных сопряжений сохранить дополнительные линии, указывающие центр и точки сопряжений.

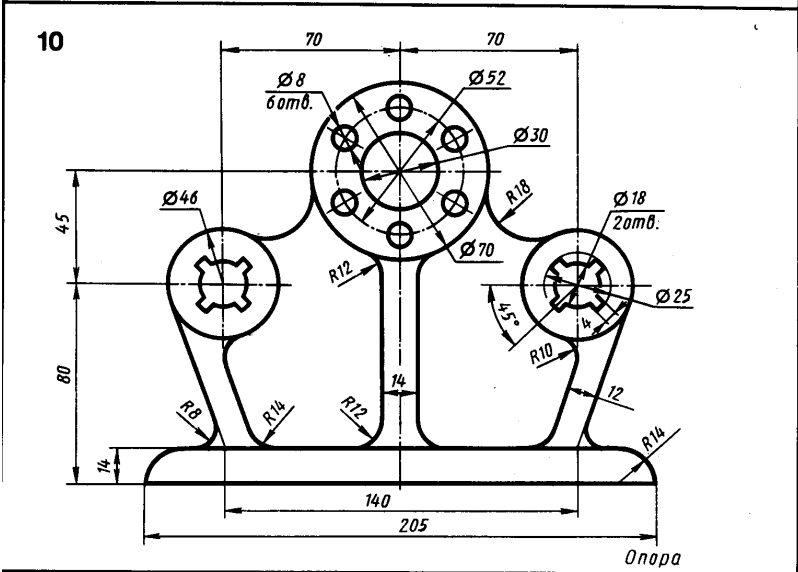
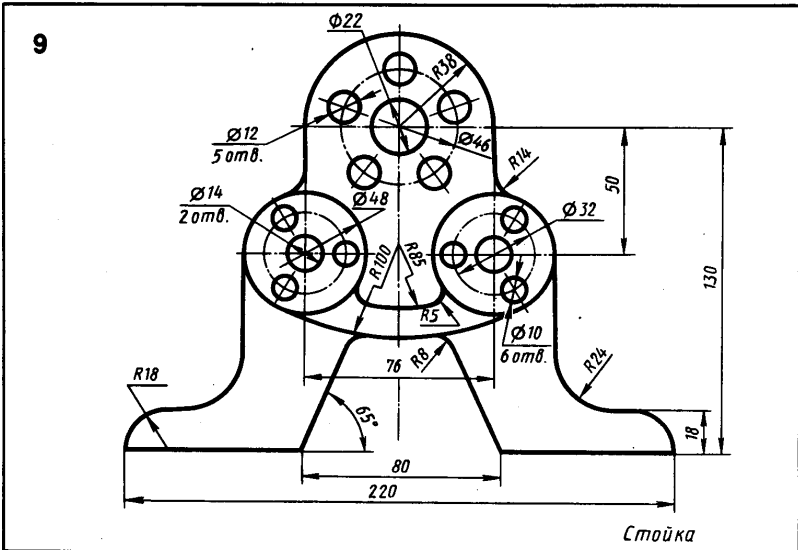












ЛИТЕРАТУРА

1. Н о в и ч и х и н а, Л. И. Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина. – Минск: Книжный Дом, 2004. – 320 с.
2. Сборник заданий по инженерной графике с примерами выполнения чертежей на компьютере: учеб. пособие / Б. Г. Миронов [и др.]. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 335 с.
3. В о с п у к о в, В. К. Техническое черчение: учеб. пособие / В. К. Воспуков, П. М. Воробей; под ред. Н. В. Овчинниковой. – Минск: Дизайн ПРО, 2003. – 320 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Стандарты.....	3
2. Форматы.....	4
3. Основная надпись.....	5
4. Масштабы.....	7
5. Линии.....	8
6. Шрифты.....	12
7. Графическое обозначение некоторых материалов.....	15
8. Нанесение размеров на чертежах.....	15
9. Геометрические построения.....	25
Приложения.....	35
Литература.....	49