

1. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

1.1. Стандарты

В процесс создания и изготовления изделий различной степени сложности вовлекаются инженеры, техники и рабочие многих предприятий самых различных отраслей промышленности. Поэтому появилась необходимость установления единых, обязательных для всех правил оформления чертежей, которые делали бы их понятными для любого участника производства. Эти правила устанавливают стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), а также положения Системы проектной документации для строительства (СПДС).

Стандарт – это эталон, т. е. образец, являющийся исходным, для сопоставления с ним других подобных объектов. Стандартом может быть и нормативно-технический документ, устанавливающий единицы величин, термины и их определения, требования к продукции и производственным процессам.

ЕСКД – комплекс межгосударственных 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 взаимобмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления, стабилизацию комплектности, исключающую дублирование и разработку излишних для производства документов. Стандарты ЕСКД способствуют расширению унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий; упрощению форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно-конструкторских разработок; механизации и автоматизации обработки технических документов и содержащейся в них информации; улучшению условий технической подготовки производства и условий эксплуатации промышленных изделий. Стандарты позволяют выполнять оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

Установленные стандартами ЕСКД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документации распространяются на все виды конструкторских документов, на учетно-регистрационную документацию и документацию по внесению изменений в документы, а также на нормативно-технологическую и технологическую документацию, отраслевую научно-техническую и учебную литературу.

Стандарты ЕСКД распределены на десять классификационных групп: от нулевой до девятой. В каждой группе может насчитываться 99 стандартов. Обозначения стандартов ЕСКД строятся на классификационном принципе и состоит из индекса стандарта – ГОСТ; цифры 2, присвоенной комплексу стандартов ЕСКД; цифры (после точки), обозначающей классификационную группу стандартов; двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе; четырех цифр (после тире), указывающих год регистрации стандарта. В стандартах, утвержденных до 2000 г., указаны две последние цифры года.

Для студентов инженерных специальностей наиболее важными из классификационных групп являются следующие: 1 – Основные положения, 2 – Классификация и обозначения изделий в конструкторских документах, 3 – Общие правила выполнения чертежей, 4 – Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения, 8 – Правила выполнения документов строительного и судостроения. В первую очередь должны быть усвоены положения стандартов ЕСКД третьей классификационной группы. При выполнении и оформлении строительных чертежей следует руководствоваться также и нормами СПДС.

Стандарты ЕСКД и СПДС разработаны для отраслей народного хозяйства и не учитывают особенности учебного процесса. Вследствие этого допустимы некоторые незначительные отклонения от требований стандартов, упрощающих выполнение учебных чертежей.

1.2. 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 при пользовании и хранении документов.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки. Наибольшим является формат А0, размеры которого 1189×841 мм, а площадь

равна 1 м². Следующий и все другие форматы получаются делением предыдущего на две равные части параллельно меньшей его стороне. Пример деления наибольшего формата А0 показан на рис. 1.

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

Т а б л и ц а 1. Основные форматы

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

П р и м е ч а н и е: При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148×210 мм.

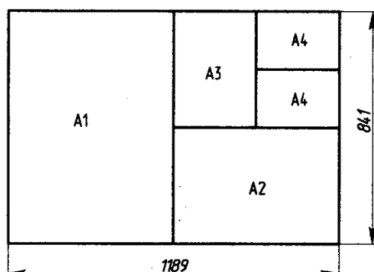


Рис. 1. Деление формата А1

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

Т а б л и ц а 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

1.3. Основная надпись

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 лиц, подписавших чертеж
12	Подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11
13	Дата подписания документа
14–18	Сведения из таблицы изменений (при наличии) 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, *И* – индивидуальное производство, *У* – 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.

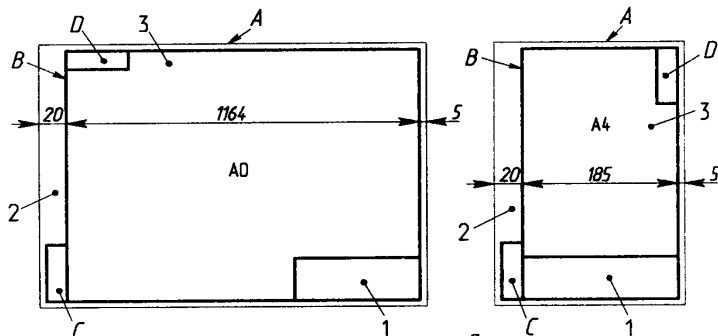


Рис. 3. Зонирование формата:

A – границы формата, *B* – внутренняя рамка, *C* и *D* – дополнительные графы, 1 – зона основной надписи, 2 – поле для подшивки, 3 – рабочее поле формата

Дополнительные графы *C* и *D*, форму и размеры которых устанавливает ГОСТ 2.503–90, заполняют, как правило, для чертежей в условиях производства.

1.4. 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.

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

$$M = L_{\text{л}} / L_{\text{н}}$$

ГОСТ 2.302–68 предписывает преобладающее использование натурального масштаба, т. е. соотношения 1:1, если при этом не страдает четкость изображения. Пример выполнения детали в разном масштабе показан на рис. 4.

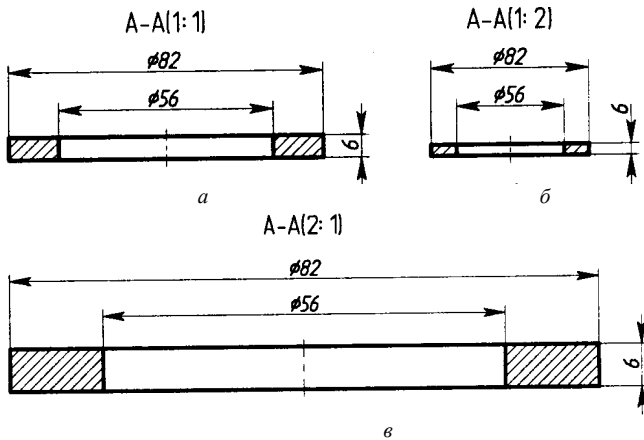


Рис. 4. Изображение детали в разном масштабе:
а – 1:1; б – 1:2; в – 2:1

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. Однако при составлении генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы 1:2000, 1:5000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000.


В перечисленных 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. В некоторых случаях размеры проставляют в других единицах, но тогда на поле чертежа должна быть запись о размерных единицах проставленных размеров.



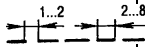
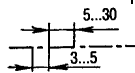
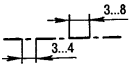
1.5. Линии

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		$S = 0,5 \dots 1,4$ мм	1. Линии видимого контура (рис. 5, а; 5, з) 2. Линии перехода видимые (рис. 5, е) 3. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза) (рис. 5, в)

Продолжение табл. 4

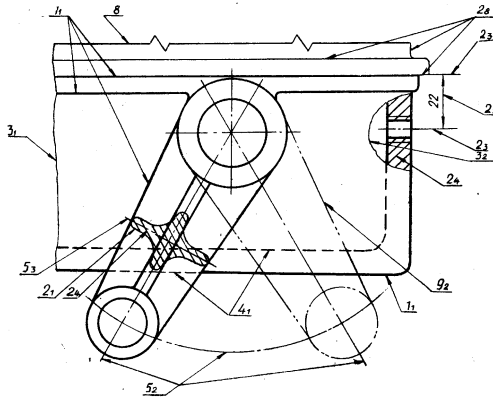
1	2	3	4	5
2	Сплошная тонкая		$S/3 \dots S/2$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линии контура наложенного сечения (рис. 5, <i>a</i>) 2. Линии размерные (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>e</i>) 3. Линии выносные (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>e</i>) 4. Линии штриховки (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>в</i>; 5, <i>ж</i>; 5, <i>и</i>) 5. Линия внутреннего или внешнего диаметра резьбы (рис. 5, <i>ж</i>; 5, <i>з</i>) 6. Линии выноски и полки этих линий (рис. 5, <i>ж</i>; 5, <i>з</i>) 7. Линии для подчеркивания надписей (рис. 5, <i>б</i>) 8. Линии для изображения пограничных деталей «обстановка» (рис. 5, <i>a</i>) 9. Линия ограничения выносных элементов (рис. 5, <i>з</i>)
3	Сплошная волнистая		$S/3 \dots S/2$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линии обрыва (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>ж</i>) 2. Линии разграничения вида и разреза (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>и</i>)
4	Штриховая		$S/2$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линии контура невидимого (рис. 5, <i>a</i>) 2. Линии перехода невидимые (рис. 5, <i>a</i>)
5	Штрихпунктирная тонкая		$S/3 \dots S/2$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линии осевые (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>в</i>; 5, <i>г</i>; 5, <i>ж</i>; 5, <i>и</i>) 2. Линии центровые (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>д</i>; 5, <i>з</i>; 5, <i>и</i>) 3. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений (рис. 5, <i>a</i>; 5, <i>в</i>)
6	Штрихпунктирная утолщенная		$S/2 \dots 2S/3$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линии, изображающие поверхности, подлежащие термообработке (рис. 5, <i>г</i>) 2. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью «наложенная проекция» (рис. 5, <i>б</i>)

Окончание табл. 4

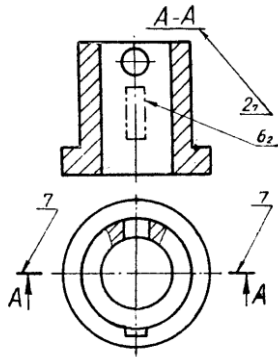
1	2	3	4	5
7	Разомкнутая		$S \dots 1,5S$	1. Линии сечений (для обозначения положения секущей плоскости) (рис. 5, б)
8	Сплошная тонкая с изломами		$S/3 \dots S/2$	1. Длинные линии обрыва (рис. 5, а)
9	Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		$S/3 \dots S/2$	1. Линии сгиба на развертках (рис. 5, д) 2. Линии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

Примеры применения разных типов линий показаны на рис. 5.

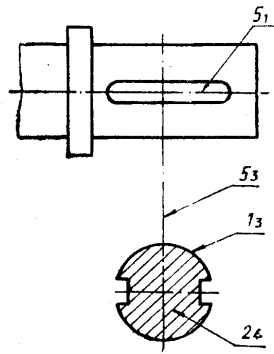
Толщина основной сплошной толстой линии выбирается в пределах 0,5...1,4 мм. В большинстве случаев она проводится толщиной в 1 мм. Толщина всех остальных линий является производной величиной от выбранной толщины основной линии.



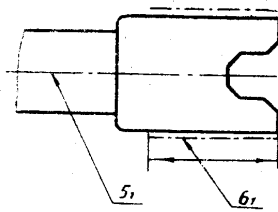
a



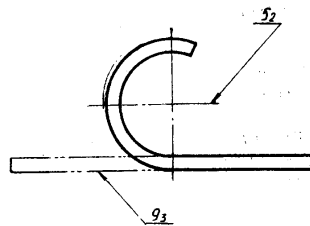
б



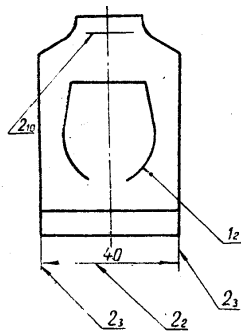
в



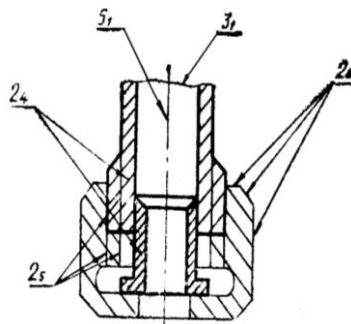
г



д



е



ж

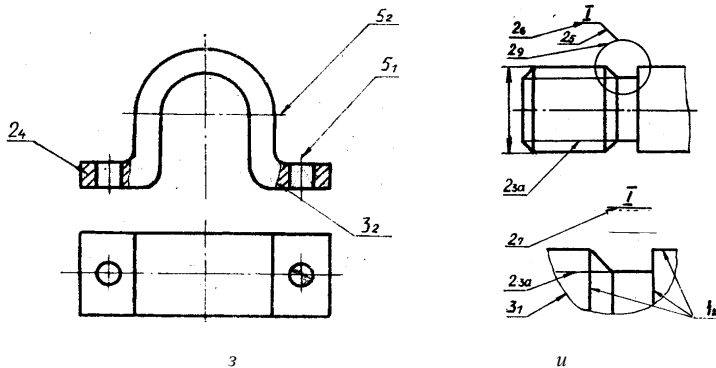


Рис. 5. № позиций различных линий:
a – 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9; *б* – 2, 6, 7; *в* – 1, 2, 5; *г* – 5, 6; *д* – 5, 9;
е – 1, 2; *ж* – 2, 3, 5; *з* – 1, 2, 5; *и* – 1, 2, 3

1.6. Шрифты

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

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 А и широкий Б. Буквы и цифры чертежных шрифтов выполняют с наклоном под углом 75° к основанию строки или без наклона.

На рис. 6 показано начертание арабских и римских цифр, а также некоторых знаков наклонным шрифтом типа А. На рис. 7 показаны буквы алфавита (кириллица) – шрифт типа А с наклоном (рис. 7, *а*) и этот же шрифт без наклона (рис. 7, *б*). Без наклона допускается писать наименования, заголовки, обозначения в основной надписи и на поле чертежа, сохраняя форму и размеры букв.

1234567890 3

I III IV VI VIII IX V

a

% □ ∅ №

б

Рис. 6. Цифры и знаки шрифта типа А:

a – арабские и римские цифры; *б* – знаки процентов, квадрата, диаметра, номера

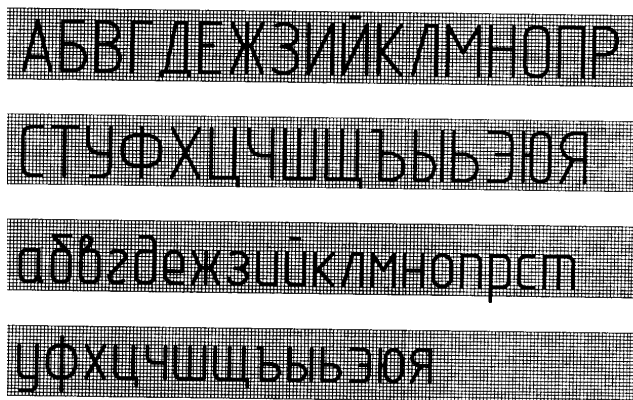
А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р

С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т

у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я

a



б

Рис. 7. Прописные и строчные буквы – шрифт типа А: а – наклонный, б – прямой

Параметры шрифта типа А приведены в табл. 5, а их условное обозначение – на рис. 8. Буквенное обозначение параметров шрифта типов А и Б одинаково.

Таблица 5. Параметры шрифта типа А

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

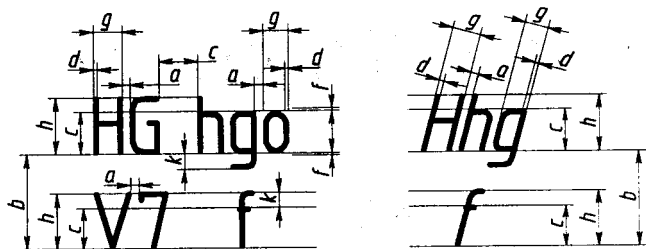


Рис. 8. Параметры для написания букв и цифр шрифта типа А

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 $f - 1/28 h$.

1.7. 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. Линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линиям рамки чертежа. При совпадении направления линий штриховки с линиями контура детали угол наклона штриховки выбирают другим: 30° или 60° . Расстояние между прямыми параллельными линиями штриховки должно быть одинаковым для всех сечений одной и той же детали. Оно выбирается в диапазоне

1...10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку в смежных сечениях. Варианты штриховок показаны в табл. 6.

Таблица 6. Образцы штриховок материалов

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллы, за исключением нижеследующих	
Дерево	
Камень естественный	
Керамика и силикатные материалы	
Бетон	
Стекло и иные светопрозрачные материалы	
Жидкости	
Грунт естественный	

Вопросы для самоконтроля

1. Как определяются размеры формата чертежей?
2. Какие форматы существуют, и какой формат принят за основу?
3. Как и какой линией наносят рамку чертежа?
4. Как располагают основную надпись на поле чертежа?
5. Какие дополнительные форматы можно применять для чертежей?
6. Что такое масштаб?
7. Какие масштабы для чертежей устанавливает стандарт?
8. Как обозначается масштаб на поле чертежа? Как он обозначается в основной надписи?

9. Влияет ли масштаб увеличения или уменьшения на размерные числа?
10. Какие виды линий применяются при выполнении чертежа?
11. В каких пределах выбирается толщина линии видимого контура предмета, и какой она в итоге выбирается?
12. Какое соотношение между толщиной сплошной основной и сплошной тонкой линий, сплошной основной и штриховой линий?
13. Укажите размеры штриховых и штрихпунктирных линий.
14. Как должны заканчиваться и пересекаться штрихпунктирные линии?
15. Как исполняется и для чего применяется утолщенная штрихпунктирная линия?
16. Когда используется и как исполняется штрихпунктирная линия с двумя точками?
17. Какие линии могут использоваться в качестве центровых линий?
18. Какие виды линий применяются для обрыва (разрыва) контуров предмета?
19. Что обозначает номер шрифта?
20. Какие размеры шрифтов устанавливает стандарт?
21. Как определяется высота строчных букв?
22. Какую ширину имеют буквы алфавита, от чего она зависит?
23. Какой наклон имеют буквы и цифры алфавита, и как образуется сетка шрифта?
24. Как различают на чертежах разнородные материалы изделий?
25. Под какими углами проводятся линии штриховки, и от чего зависит угол наклона линий?
26. Какие формы основной надписи используют при выполнении конструкторских документов?
27. В каком порядке заполняют графы основной надписи?
28. Какой стандарт устанавливает порядок обозначения конструкторских документов?

1.8. Нанесение размеров на чертежах

1.8.1. Общие сведения

Правила нанесения размеров на чертежах устанавливает ГОСТ 2.307–68. Для нанесения размеров применяют выносные и размерные 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. 9, *а, б, в*). При необходимости стрелки могут заменяться точками либо штрихами, наклоненными на 45° .

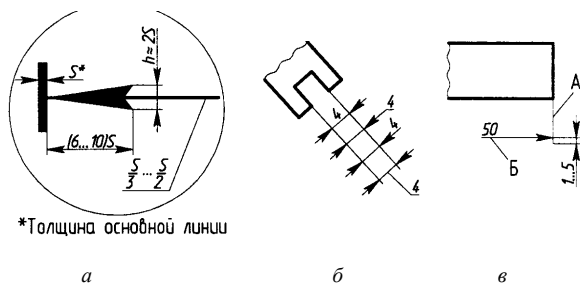


Рис. 9. Параметры и размещение стрелок на размерных линиях:
а – образец начертания стрелки;
б – варианты простановки размерного числа;
в – примеры линий: *А* – выносная, *Б* – размерная

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 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. 10, *а, б, в*).

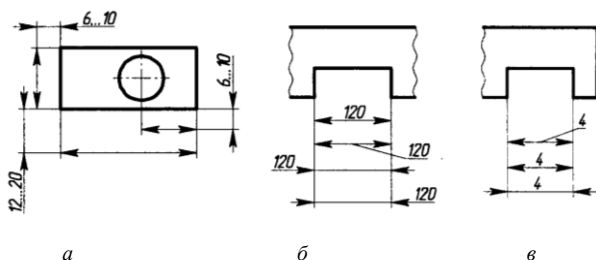


Рис. 10. Расположение размерных линий и чисел:
a – диапазон расстояний для размещения размерных линий;
б, в – примеры нанесения размерных линий с размерными числами

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. 11, *a, 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.

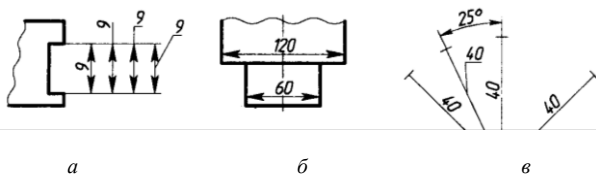


Рис. 11. Примеры нанесения размерных чисел: *a* – на вертикальных размерных линиях; *б* – с разрывом осевой линии; *в* – на наклонных линиях

Различают размеры рабочие (исполнительные), которые используют для изготовления изделия или при его контроле, и справочные, указываемые для большего удобства пользования чертежом. Размеры изделия, нанесенные на чертеже, называют номинальными. 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. 12, 13).

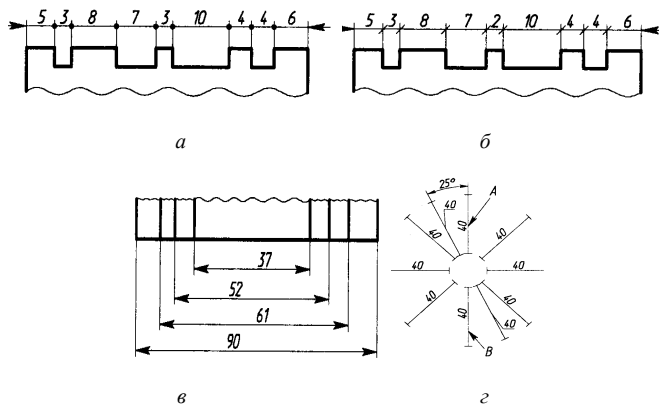


Рис. 12. Примеры нанесения размерных линий:
a, б – цепной способ, *в* – координатный способ;
г – простановка размерных чисел на наклонных размерных линиях

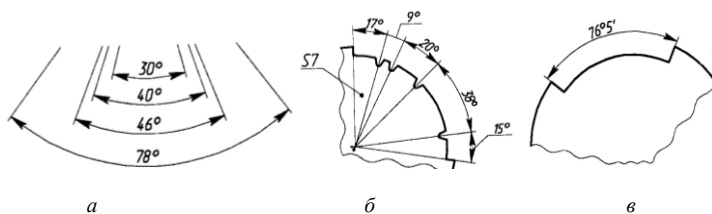


Рис. 13. Примеры простановки угловых размеров:
a – простановка углов концентричным способом;
б – простановка углов на единой дуговой линии (*S7* – толщина детали);
в – простановка размера с градусами и минутами

В пространствах заштрихованных зон (углы $\leq 30^\circ$) размерные числа наносят на полках линий-выносок (рис. 14).

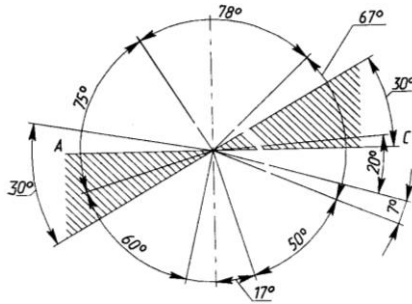


Рис. 14. Расположение размерных чисел
(AC – разграничивающая зоны линия)

Если расстояние между отверстиями одинаковое, и они расположены на одной дуге, то угловые размеры рекомендуется наносить с простановкой крайнего углового размера (16°), а общий угловой размер – как произведение количества промежутков между отверстиями на угловой размер одного промежутка (рис. 15, а). При изображении незаконномерной кривой линии (плоская деталь, рис. 15, б) размеры криволинейного контура наносят размерными и выносными линиями по вертикали и горизонтали.

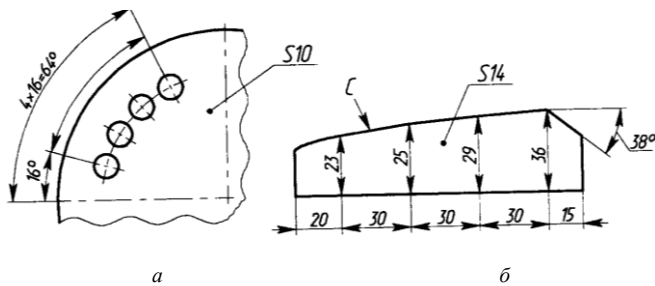


Рис. 15. Примеры простановки угловых размеров:
а – простановка размеров одинаковых углов;
б – вариант простановки размеров на криволинейном контуре С
(S10, S14 – толщина детали)

1.8.2. 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. 16.

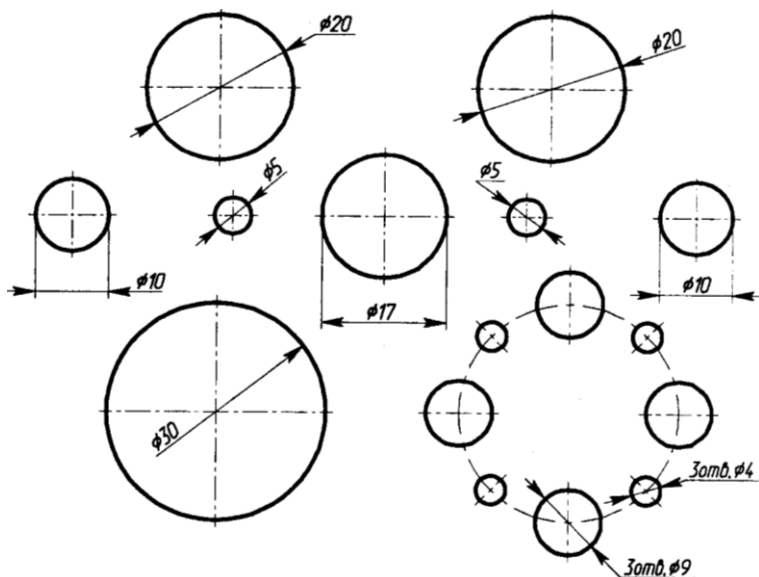


Рис. 16. Простановка диаметров

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. 17, а). Общий 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. 17, б).

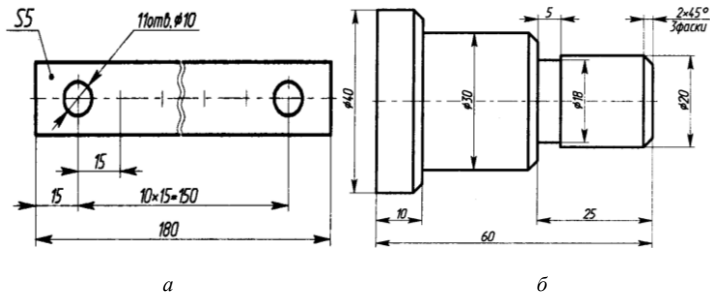


Рис. 17. Простановка диаметров на изображениях детали:
а – простановка диаметров для нескольких равномерно расположенных отверстий (*S5* – толщина пластины); *б* – простановка диаметров и размеров длин участков для цилиндрической детали

Поверхности элементов изделий, имеющих цилиндрическую форму на замкнутой окружности, обозначают знаком \varnothing . Размерную линию диаметра допускается наносить с обрывом, например $\varnothing 30$, (см. рис. 16), при этом обрыв должен выполняться дальше центра окружности. 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. 18).

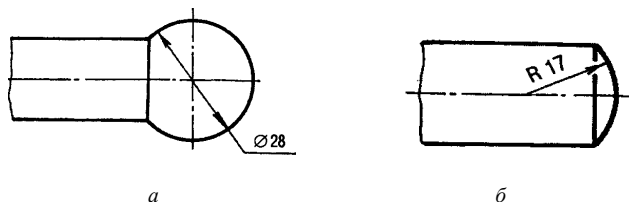


Рис. 18. Простановка размеров на дугах со знаками диаметра и радиуса

На рис. 19 представлены фрагменты изделий с полным изображением отверстий разных типов (в разрезе), а также варианты упрощенного изображения с нанесением размеров отверстий и их элементов.

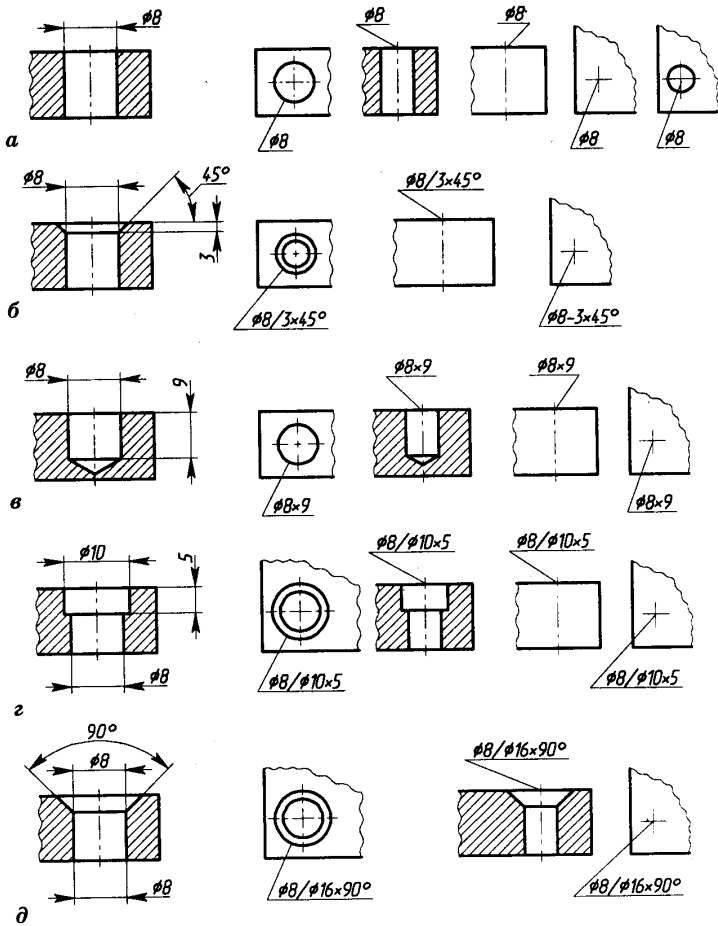


Рис. 19. Варианты простановки размеров диаметра и глубины отверстий:
а – простановка только диаметра; *б* – простановка диаметра и фаски в 45° ;
в – простановка диаметра и глубины глухого отверстия;
г – простановка диаметра и глубины сквозного ступенчатого отверстия;
д – простановка диаметра отверстия, двойного угла и диаметра фаски

При обозначении радиуса перед размерным числом, указывающим величину радиуса, наносят букву *R*. Высота этой буквы и ее наклон должны быть аналогичны размерным числам. 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. 20, а, б, в).

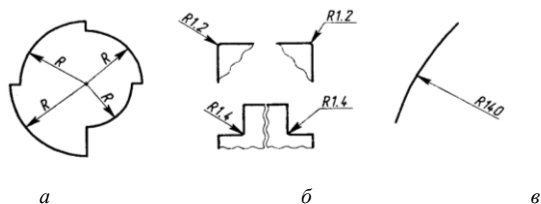


Рис. 20. Простановка радиусов дуг:
а – из центра дуги; б, в – без указания центра

Радиусы могут проставляться как с внешней, так и с внутренней стороны дуги (рис. 21).

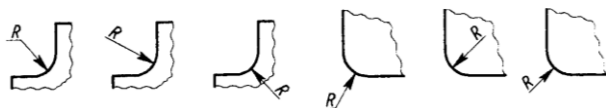


Рис. 21. Простановка радиусов скруглений

При большой величине радиуса центр можно приближать к дуге, а размерную линию радиуса выполнять с изломом под углом 90° (рис. 22, а). В обозначении может присутствовать слово «сфера», если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей (рис. 22, б).

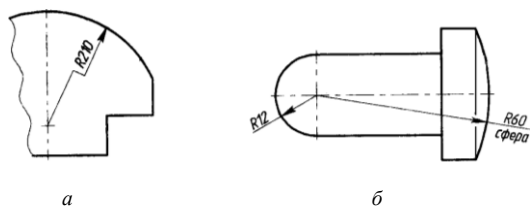


Рис. 22. Простановка радиусов дуг:
а – простановка радиуса линией с изломом;
б – простановка радиуса с указанием формы поверхности

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. 23, *а*). Допускается при нанесении размеров располагать выносные линии радиально (рис. 23, *б*). Помимо упомянутых знаков часто используется знак толщины детали, если ее нельзя увидеть на данном изображении. Толщина детали указывается буквой *S* и цифрой (см. рис. 15, *а*; рис. 17, *а*; рис. 23).

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».

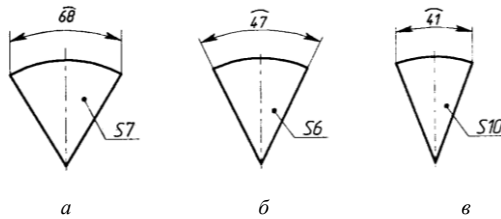


Рис. 23. Длины дуг (*S7*, *S6*, *S10* – толщина сектора)

При простановке размеров используется также знак \square . Он наносится перед размерным числом, указывающим сторону квадрата. Благодаря этому знаку имеется возможность отображения торцевой формы (рис. 24, *а*) предмета без ее вычерчивания (рис. 24, *б*). Тонкие линии *A* и *C*, проведенные по диагоналям, обозначают плоскую поверхность.

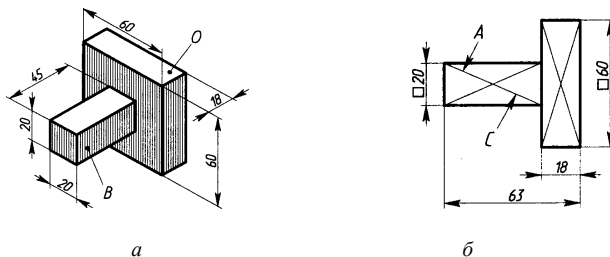


Рис. 24. Простановка размеров на стержне квадратного сечения:
а – аксонометрия изделия; *б* – вид спереди изделия

1.8.3. 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.

При изображении брусков и листов размеры фасок наносят двумя линейными размерами (рис. 25, *а*), одним линейным и одним угловым размером (рис. 25, *б*), либо линейным и угловым размером в общей записи через знак \times комбинированным способом (рис. 25, *в*).

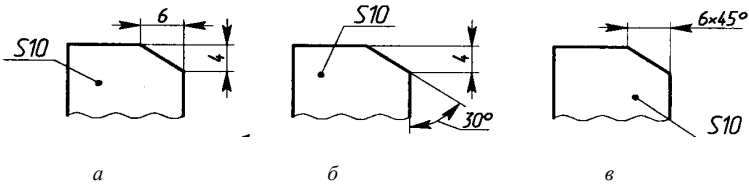


Рис. 25. Простановка размеров фасок: *а* – двумя линейными размерами; *б* – одним линейным и угловым размером; *в* – комбинированным способом

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. 26, *а*) или двумя цифрами через знак умножения (рис. 26, *в*). Первая цифра указывает высоту усеченного конуса, вторая – угол наклона образующей конуса к его оси.

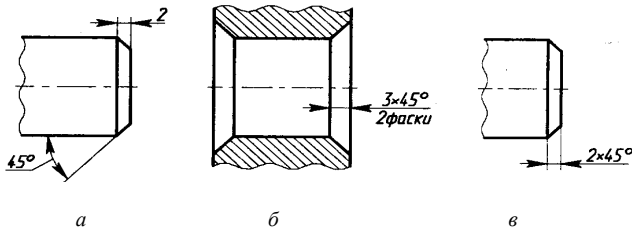


Рис. 26. Простановка размеров фасок: *а*, *в* – фаски на внешней поверхности; *б* – фаска на внутренней поверхности

Если на чертеже присутствует несколько одинаковых фасок, обозначения наносят на одну из них с указанием числа фасок (рис. 26, *б*).

Для фасок малых размеров (менее 1 мм) размеры проставляют комбинированным способом, сам же контур фаски допускается не показывать (рис. 27, *a, в*). Можно указывать двойной угол фаски (рис. 27, *б*).

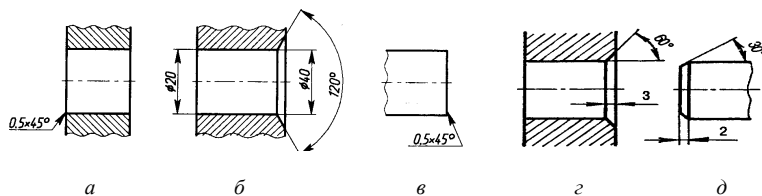


Рис. 27. Размеры на малоразмерные фаски и фаски с углами 30° и 60°:
a, б – простановка размеров малых фасок; *в* – простановка двойного угла;
г, д – простановка размеров на фаски с углами 30° и 60°

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.

1.9. Геометрические построения

1.9.1. Построение уклона

Наклон одной прямой линии к другой на чертежах задается не только величиной угла, но и уклоном, обозначаемым буквой *i*. Эта величина определяет отклонение прямой линии от горизонтального или вертикального положения. Уклон можно выразить из прямоугольного треугольника (рис. 28) как отношение двух катетов.

$$i = h / l = \operatorname{tg} \alpha,$$

где α – величина острого угла в градусах, противолежащего стороне *h*.

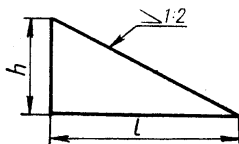


Рис. 28. Простановка уклона для наклонной линии

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 (рис. 29, а, б, в). Величина уклона линии может измеряться сотыми долями целого числа (рис. 29, г), либо выражаться процентами, например 2 %.

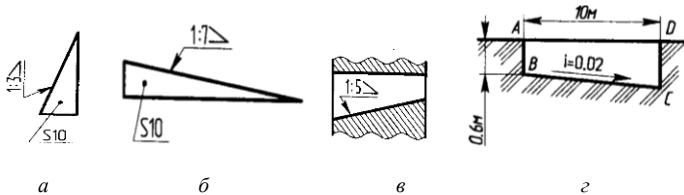


Рис. 29. Простановка уклона для наклонных линий:
 а – вертикальное положение; б – горизонтальное положение ($S10$ – толщина детали); в – на внутреннем контуре; г – простановка уклона дробью

Построение линии с заданным уклоном сводится либо к определению угла, под которым ее нужно провести, либо к предварительному построению взаимно перпендикулярных одинаковых отрезков, как правило, одного по вертикали и нескольких по горизонтали. Результатом построения является прямоугольный треугольник с единичным горизонтальным или вертикальным катетом. Гипотенуза этого прямоугольного треугольника определяет направление линии, имеющей заданный уклон. Пример построения показан на рис. 30, где через точку n проведена линия с уклоном $1:10$.

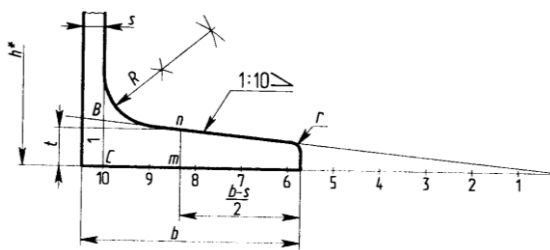


Рис. 30. Построение линии заданного уклона по размерам (h, t, s, b)

1.9.2. Построение конусности

Понятие конусности связано с изображением прямого кругового конуса и его поверхности. Коническая поверхность довольно часто встречается в технических деталях. Она может быть наружной (рис. 31, *а, б, д, е*) 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.

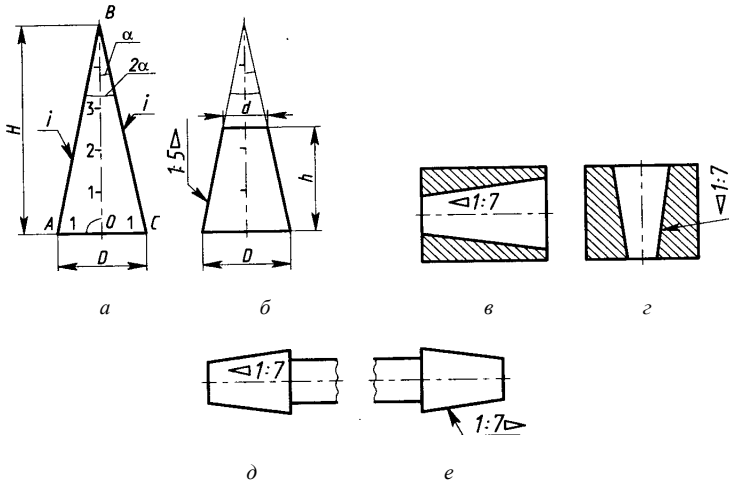


Рис. 31. Примеры построения и обозначения конусности:
а – полный конус; *б* – усеченный конус; *в, д* – обозначение конусности на оси конуса; *з, е* – обозначение на контуре конуса

Построение образующих прямого кругового конуса с заданной конусностью (например, $1:5$) сводится к построению двух прямых AB и BC (см. рис. 31, *а, 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 (см. рис. 31, *б*).

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

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

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

ГОСТ 8593–81 устанавливает нормальные конусности и углы уклонов, 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.

1.9.3. 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 ($MC \perp AB$). Как подтверждение, вспомним теорему из элементарной геометрии: в прямоугольном треугольнике катет, лежащий против угла 30° , равен половине гипотенузы. По построению $MK = 2CK$.

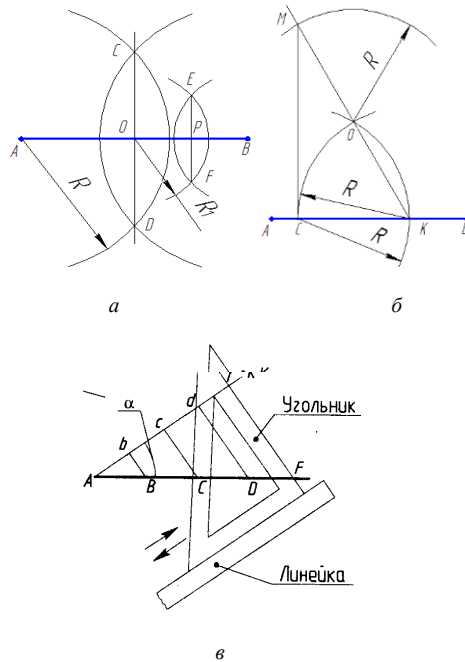


Рис. 32. Перпендикуляр к линии и деление отрезка:
а – построение перпендикуляра в середине отрезка;
б – построение перпендикуляра в произвольной точке;
в – деление отрезка на равное количество частей

1.9.4. 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. Указанные в табл. 7 коэффициенты позволяют поделить окружность на 2 ... 16 частей.

Т а б л и ц а 7. 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

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.

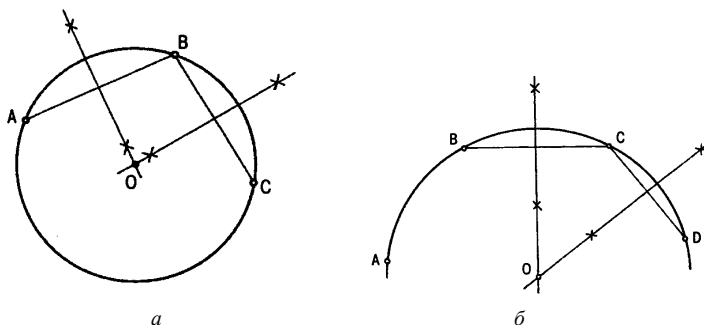


Рис. 33. Определение центра окружности

Деление окружности на три либо шесть равных частей не представляет никаких затруднений, так как выполняется при помощи радиуса этой же окружности (рис. 34, а, б). Деление окружности на иное число частей предполагает несколько большее количество построений.

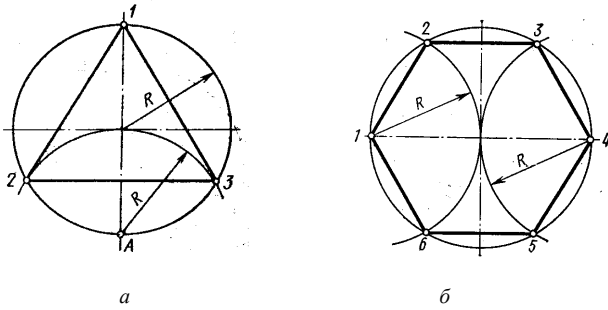


Рис. 34. Деление окружности: *a* – на три равные части;
б – на шесть равных частей

Деление окружности на пять частей проиллюстрировано на рис. 35, *a*. 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 от точки I до точки K радиусом ID . Отрезок IK и представляет собой хорду пятиугольника, вписанного в эту окружность. По этой длине строятся точки: 2, 3, 4, 5.

Графический способ деления окружности на большее количество частей описан в литературе [1, 2, 4, 6]. Один из примеров (на семь частей) показан на рис. 35, *б*.

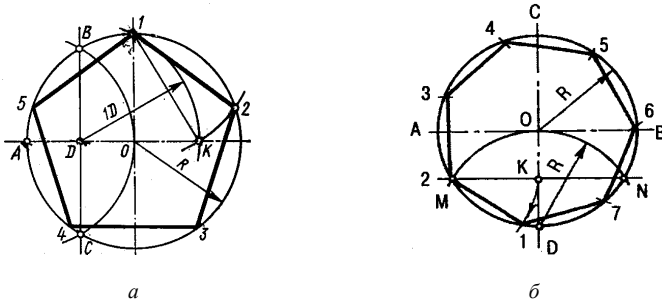


Рис. 35. Деление окружности: *a* – на пять частей; *б* – на семь частей

Для того чтобы поделить окружность на 10 равных частей, первую сторону пятиугольника делят перпендикуляром 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. 7.

1.9.5. 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.

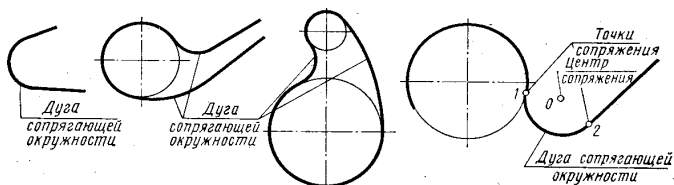


Рис. 36. Элементы сопряжений

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

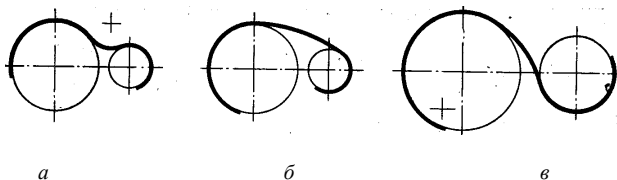


Рис. 37. Сопряжение окружностей: а – внешнее сопряжение; б – внутреннее сопряжение; в – смешанное сопряжение

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. 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*).

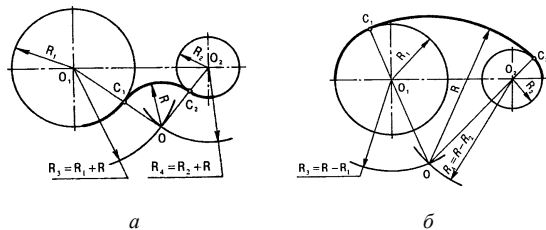


Рис. 38. Построение сопряжений заданным радиусом:
а – внешнего; *б* – внутреннего

Так же строится 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 второй дуги равен разности между радиусом второй заданной окружности и сопрягающим радиусом.

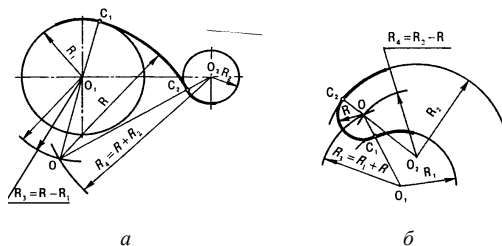


Рис. 39. Построение смешанного сопряжения:
а – двух окружностей; *б* – двух дуг

Сопряжение дуги окружности и прямой линии (рис. 40) также сводится к нахождению центра сопряжения (точки O) и точек сопряжений (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.

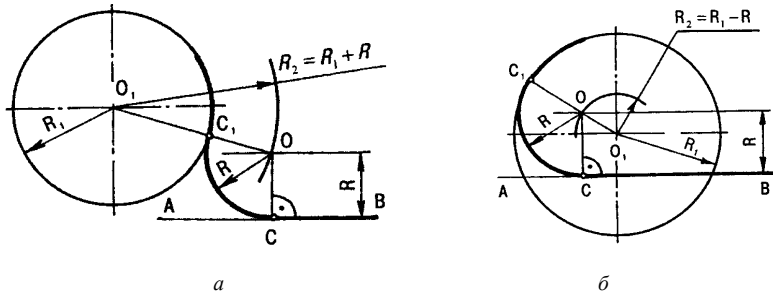


Рис. 40. Построение сопряжений прямой и окружности:
a – внешнего; *б* – внутреннего

Варианты сопряжений двух прямых линий, иначе называемых скруглениями, представлены на рис. 41, *a*, *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.

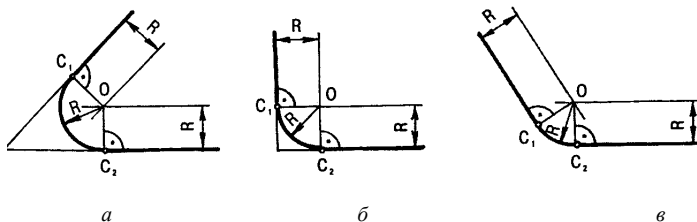


Рис. 41. Скругление угла двух прямых: *a* – острый угол;
б – прямой угол; *в* – тупой угол

Вопросы для самоконтроля

1. Какие линии применяются для простановки размеров?
2. Чем ограничивают размерные линии?
3. Где должны располагаться размерные линии?
4. На каком расстоянии от линии контура можно наносить размерную линию?
5. Какой номер чертежного шрифта используется для размерных чисел?
6. В каких единицах указывают линейные размеры на чертежах?
7. Сколько раз допускается указывать размер одного и того же элемента?
8. Какие размеры называют габаритными?
9. Что понимают под номинальными размерами?
10. Чем отличается от других размеров простановка размера радиуса и диаметра?
11. В каких случаях на дуге окружности проставляют радиус, а в каких диаметр?
12. Что означает знак квадрата около размерного числа?
13. Какую информацию содержит размер фаски?
14. Что такое уклон линии, как он определяется?
15. Как проставляется на чертеже уклон линии?
16. Что такое конусность, как находится ее численное значение?
17. Как проставляется конусность на чертеже?
18. Перечислите действия, которые нужно выполнить для построения перпендикуляра к прямой в заданной точке.
19. Перечислите действия для деления отрезка на заданное число равных частей.
20. Как определить центр ранее проведенной дуги окружности?
21. Что такое расчетный способ деления окружности на одинаковое число частей?
22. Перечислите последовательность действий для деления окружности графическим способом на три или шесть равных частей.
23. Что такое сопряжение линий? Какие бывают сопряжения?
24. Какие действия нужно выполнить, чтобы найти центр внешнего сопряжения двух окружностей?
25. Чем отличаются подобные действия при построении центра при внутреннем сопряжении?
26. Как строится сопряжение дуги окружности и прямой линии?
27. Как выполняется скругление двух отрезков заданным радиусом? Как находят центр и точки сопряжения?