

**ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
В КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТАХ
ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

2007



САМАРА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
В КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТАХ
ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2007



**Инновационная образовательная программа
"Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области аэро-
космических и геоинформационных технологий"**

Составители: *Л.М. Рыжкова, С.С. Комаровская*

Рецензент *Л. А. Ч е м п и н с к и й*

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ В КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТАХ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ: метод. указ./ Сост.: *Л.М.Рыжкова, С.С. Комаровская.* - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007.- 40 с.: ил. 95.

Изложены единые, обязательные для всех правила оформления чертежей. Такие правила устанавливают стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Методические указания содержат сведения о выполнении и оформлении графических работ по теме «Геометрическое черчение». Материал изложен в соответствии с ГОСТ 2.301–68 -2.307-68, ГОСТ 2.318-81, ГОСТ 2.101–68 ЕСКД и программой по черчению для вузов. Рассмотрены основные правила геометрического черчения. Описано построение некоторых циркульных и лекальных кривых. Изложены применение современных программных средств их формирования и использования для сквозного геометрического моделирования в машиностроении, практика использования основных принципов и методов построения плоских геометрических моделей для автоматизированного составления и оформления технической документации в среде учебной версии профессиональной отечественной CAD/CAM системы ADEM на основе правил, условностей и упрощений ЕСКД в соответствии с учебными планами по инженерной графике для вузов машиностроительных специальностей. Лицензионную версию системы ADEM 3.03 для использования в учебных целях можно взять на сайте www.adem.ru **бесплатно!**

Методические указания предназначены для студентов младших курсов всех специальностей, изучающих курсы «Информатика – геометрическое моделирование», «Инженерная компьютерная графика», «Машиностроительное черчение» и «Инженерная графика» на практических занятиях в компьютерном классе, при самостоятельной работе дома, а также в дистанционном обучении студентов старших курсов, выполняющих конструкторскую и технологическую части курсовых и дипломных проектов в автоматизированном режиме. Может быть использована школьниками старших классов, учащимися начальных и средних профессиональных учебных заведений и на ФПК ИТР и преподавателей.

Авторы выражают благодарность Чемпинскому Л.А. и Кургановой В.Н. за помощь, оказанную при создании данной работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение в курс черчения.....	4
1. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ.....	4
1.1. Форматы.....	4
1.2. Основная надпись.....	5
1.3. Масштабы.....	6
1.4. Линии.....	8
1.5. Шрифты чертежные.....	9
1.6. Графические обозначения материалов в сечениях.....	11
2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ.....	13
2.1. Деление отрезка прямой на равные части.....	13
2.2. Деление окружности на равные части.....	13
3. ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ И СОПРЯЖЕНИЯ.....	14
3.1. Лекальные кривые.....	14
3.2. Сопряжения.....	16
3.3. Построение смешанного сопряжения.....	18
3.4. Определение центра дуги окружности.....	19
4. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ.....	19
4.1. Общие положения.....	19
4.2. Единицы измерения.....	19
4.3. Размерные и выносные линии.....	20
4.4. Стрелки.....	22
4.5. Размерные числа.....	22
5. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ.....	24
5.1. Нанесение размеров радиуса окружности.....	24
5.2. Нанесение размеров диаметра окружности.....	25
5.3. Нанесение размера длины дуги окружности.....	26
5.4. Нанесение размеров квадрата.....	26
5.5. Нанесение размеров радиуса и диаметра сферы.....	27
5.6. Нанесение размеров углов.....	28
5.7. Нанесение размеров фасок.....	28
5.8. Построение и обозначение уклона.....	29
5.9. Построение и обозначение конусности.....	30
6. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТАНОВКИ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ.....	31
6.1. Размеры и изображения.....	31
6.2. Нанесение повторяющихся размеров.....	31
6.3. Группирование размеров.....	32
6.4. Некоторые упрощения при простановке размеров.....	33
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ.....	35
7.1. Графическая работа «Нанесение размеров».....	35
7.2. Графическая работа «Выполнение сопряжений».....	36
7.2.1. Выполнение сопряжений циркульных кривых.....	36
7.2.2. Выполнение сопряжений лекальных кривых для деталей самолетостроения и двигателестроения.....	37
7.3. Выполнение шрифта.....	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	40

Введение в курс черчения

Чтобы грамотно чертить, надо чётко уяснить,
Что линейку, ластик, циркуль лучше сразу вам купить.
К ним добавить «Кохи - норы» и чертёжные наборы,
А потом вдохнуть поглубже и к работе приступить.
Чтобы вам не спутать карты, надо твёрдо знать стандарты,
Линии, шрифты, форматы, но и это маловато.
К ним сеченья, масштабы и разрезы тоже, дабы
Круг, овал и треугольник отличались от квадрата.
Перейдём к детализовке и к процессу расшифровки,
К правилам изображения, компоновки и штриховки.
На доске и на формате даже ночью, встав с кровати,
Виды справа, сверху, снизу распознать ты должен ловко.
Путать линии не стоит, это дорогого стоит,
Отклоненье от стандарта педагога не устроит.
Основную надпись сделай и сдавай чертёж свой смело.
И чертёжника, быть может, он в тебе талант откроет.

В наше время невозможно представить область человеческой деятельности, где не приходилось бы прибегать к помощи чертежей.

«Чертеж является языком техники», – говорил известный французский ученый Гаспар Монж. Чертеж служит средством выражения технической мысли, причем нередко единственным. Чертеж – это графическое изображение детали или изделия на плоскости, передающее их виды с различных сторон, выполненное на основе начертательной геометрии и принятых ГОСТом условностей.

1. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

1.1. Форматы

Форматом называется размер листа бумаги, на котором выполняется чертеж или другие конструкторские документы. Размеры формата и его обозначения установлены ГОСТ 2.301–68 (в ред. 1990г.). Формат листа определяется размерами внешней рамки, выполненной сплошной тонкой линией (рис. 1). Любой чертёж желательно выполнять на листе бумаги, размеры которого больше размеров выбранного формата с тем чтобы имелся запас за пределами внешней рамки для крепления листа к чертёжной доске.

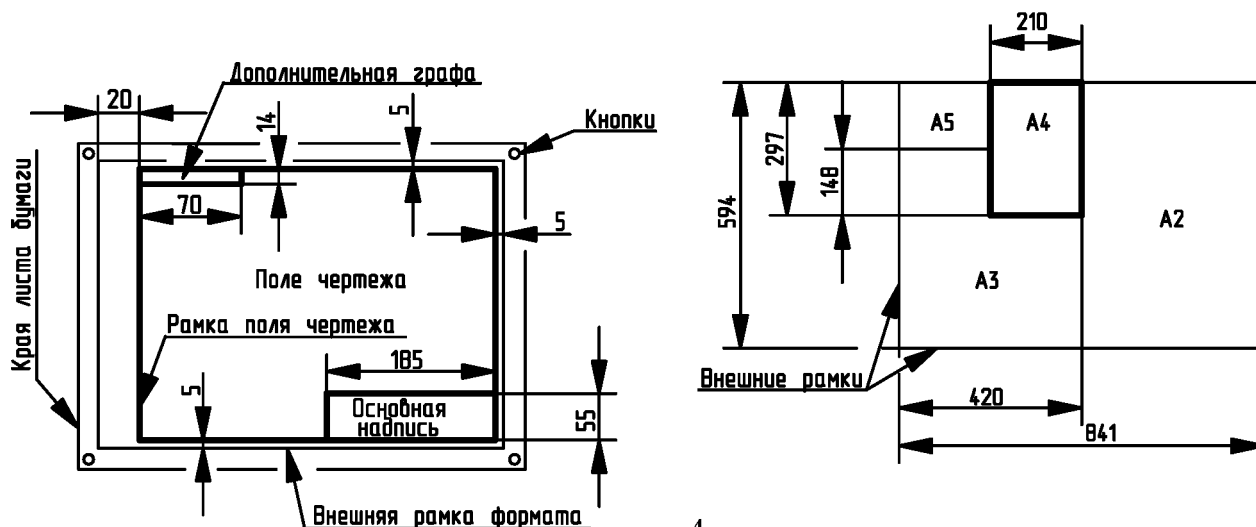


Рис. 4

в графе 1 – наименование изделия в именительном падеже единственного числа, которое должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. *В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное;*

в графе 2 – обозначение чертежа;

в графе 3 – обозначение материала детали (заполняют только на чертежах деталей);

в графе 4 - литеру, присвоенную данному документу по ГОСТ 2.103–68 (в ред. 1982г.) (на учебных чертежах – “У”);

в графе 5 – массу изделия по ГОСТ 2.109–73 (в ред. 2001г.);

в графе 6 – масштаб в соответствии с ГОСТ 2.302–68 (в ред. 2001г.) и ГОСТ 2.109–73 (в ред. 2001г.);

в графе 7 - порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 9 -наименование предприятия (учебного заведения, факультета, группы).

В дополнительной графе основной надписи указывают повернутое на 180° обозначение чертежа.

1.3. Масштабы

Масштаб - отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.

Чертежи рекомендуется выполнять в натуральную величину, что даёт правильное представление о действительных размерах изделия. Но этого достичь не всегда позволяют размеры изделия и форматы листов. В зависимости от сложности и размеров изображаемых изделий выбирают масштаб. При выборе масштаба следует учитывать величину и сложность объекта или его составных частей.

Масштабы изображений на чертежах по ГОСТ 2.302–68 (в ред. 2001 г.).

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:100
Масштаб натуральной величины	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, обозначается по типу 1:1, 1:2, 2:1 и т.д., в остальных случаях по типу М2:1, М4:1 и т.д. Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, должен обозначаться в скобках рядом с обозначением изображения по типу: А (5:1); Б-Б (2:1) и т.д. Отступления от указанного масштаба изображения отдельных элементов, например детали, допускаются в случаях, когда эти элементы трудно вычертить или желательнее облегчить зрительное восприятие их изображений. Если элемент или его положение изображены с отступлением от указанного масштаба, то размерное число следует подчеркнуть (рис. 5).

Во всех случаях независимо от масштаба на чертеже должны быть нанесены действительные размеры изображённого объекта (*т.е. размерные числа указывают натуральные размеры объекта*).

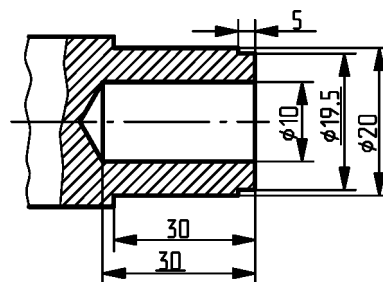


Рис. 5

При изменении масштаба и соответственно размера изображения возможно частичное изменение положения размерных линий и стрелок, а также выполнение штриховки узких площадей сечений отдельными участками в нескольких местах или их сплошное зачернение. На рис. 6 приведены изображения одной и той же детали, выполненные в разных масштабах.

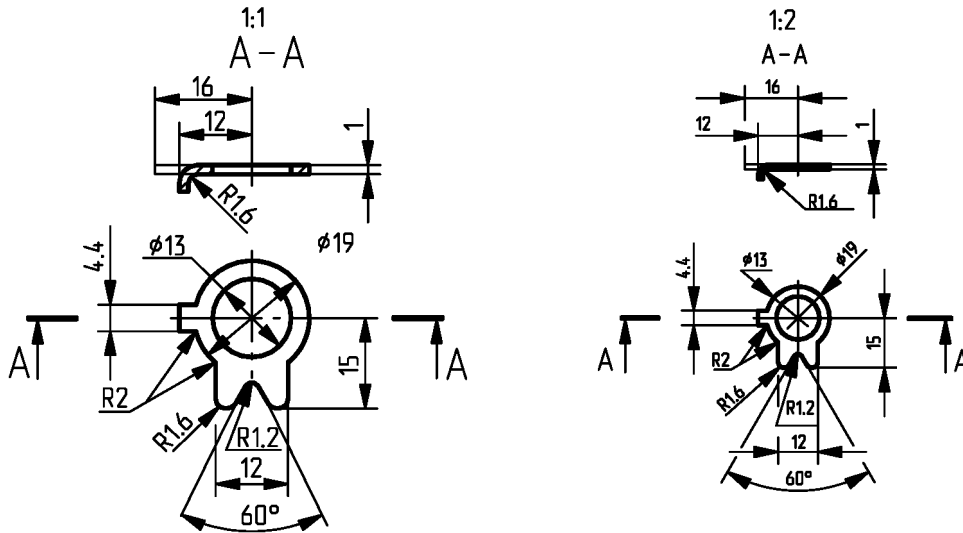


Рис. 6

1.4. Линии

ГОСТ 2.303–68 (в ред. 2006 г.) устанавливает следующие типы линий, которые необходимо применять при выполнении чертежей (табл. 2).

При выполнении конструкторской документации применяют сочетания линий, начертания которых зависят от их назначения, т.е. отображения этими линиями той или иной информации. Сочетание линий различного начертания облегчает восприятие формы объектов и представление о характере отображённой ими информации.

На рис. 7-8 показаны примеры применения линий на чертежах.

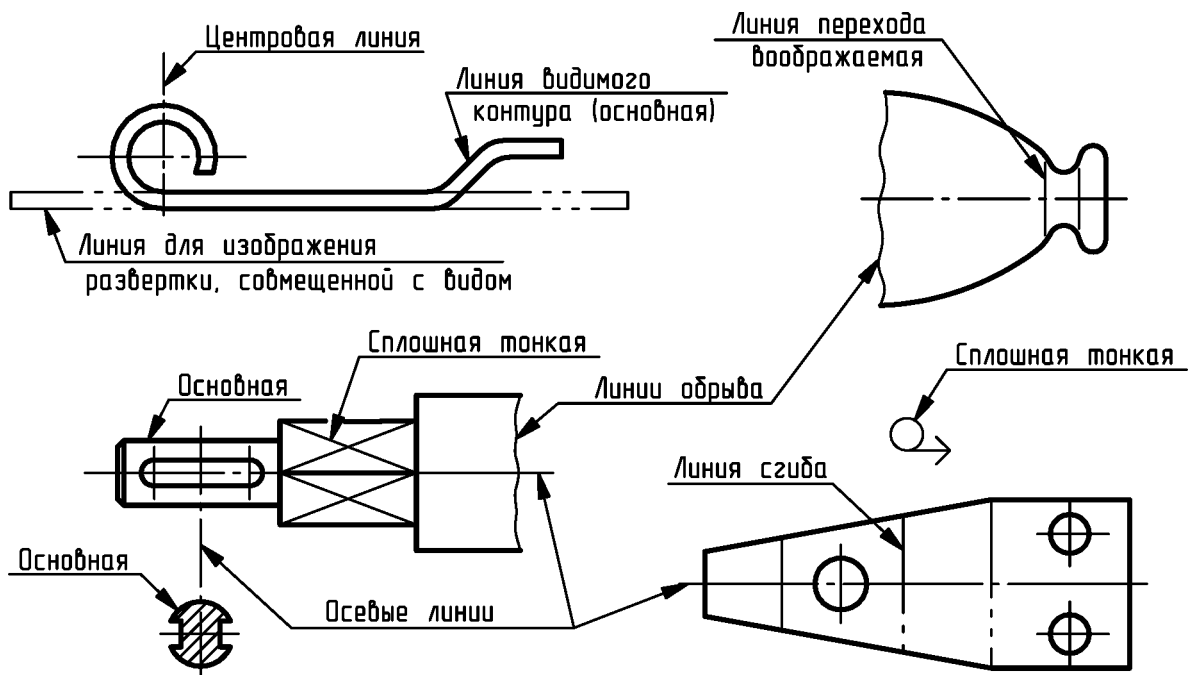



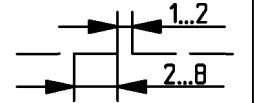
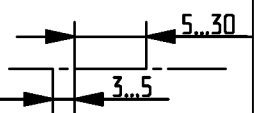
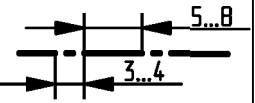

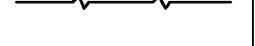
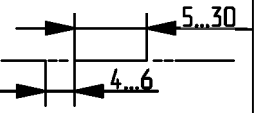


Рис. 7

Таблица 2

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине S	Основное назначение
1. Сплошная толстая-основная		S	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии перехода воображаемые Линии размерные и выносные Линии штриховые Линии-выноски Полки линий-выносок Линии штриховки Линии для изображения пограничных деталей ("обстановка")
3. Сплошная волнистая			Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая			Линии невидимого контура
5. Штрих-пунктирная тонкая		Линии осевые и центровые	
6. Штрих-пунктирная утолщенная		от $\frac{S}{2}$ до $\frac{2}{5}S$	Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей пл. ("наложенная проекция")
7. Разомкнутая		от S до $1\frac{1}{2}S$	Линии сечений
8. Сплошная тонкая с изломами		от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрих-пунктирная с двумя точками тонкая		от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развёртки, совмещённой с видом

В качестве исходной принята сплошная толстая основная линия. Толщины остальных линий зависят от выбранной основной линии. Толщина линий одного и того же типа должна

быть одинакова для всех изображений одного масштаба на данном чертеже. Наименование, начертание и толщина линий по отношению к толщине основной линии приведены в табл. 2.

Толщина сплошной основной линии S должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения. Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения. Штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами.

Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм.

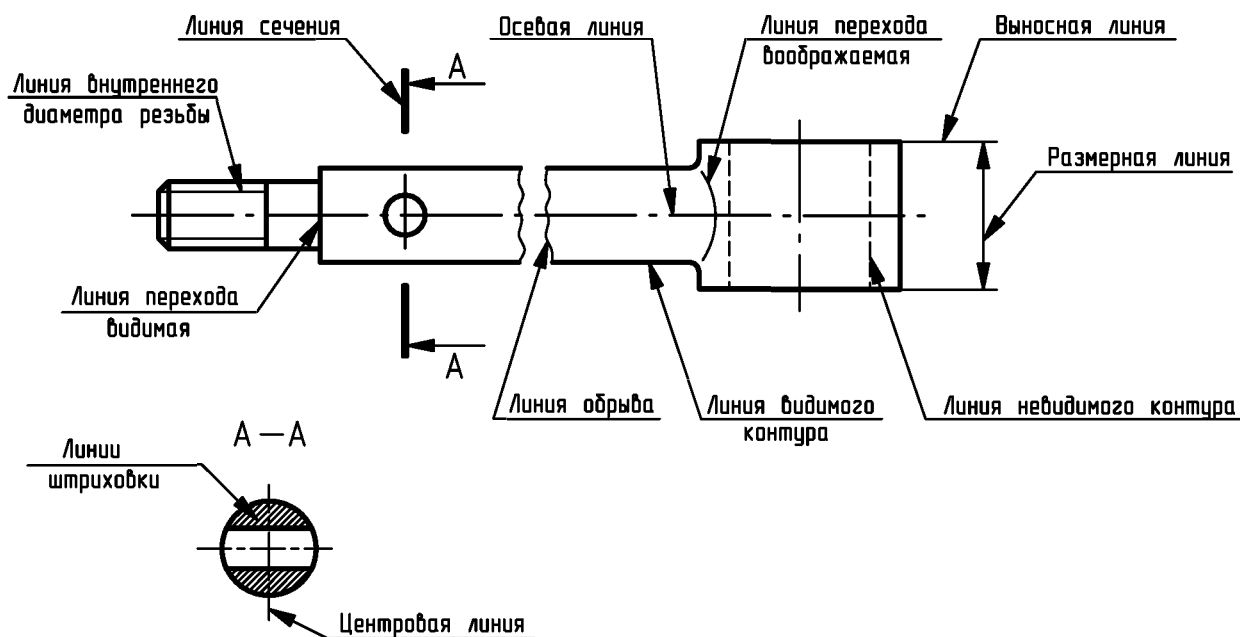


Рис. 8

Наименьшие толщины линий и расстояние между соседними параллельными линиями принимают в зависимости от формата и способа выполнения чертежа.

1.5. Шрифты чертежные

На чертежах наносятся размеры изделия и выполняются надписи чертежным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304–81, по которому устанавливаются следующие типы шрифта:

тип А без наклона ($d = 1/14h$),

тип А с наклоном около 75° ($d = 1/14h$),

тип Б без наклона ($d = 1/10h$),

тип Б с наклоном около 75° ($d = 1/10h$), с параметрами, приведенными в табл. 3 и 4.

Размер шрифта h – величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах. Устанавливаются следующие размеры шрифта:

1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Толщина линии шрифта d зависит от типа и высоты шрифта $(1/10)h$ для шрифта типа Б.

Таблица 3

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер, мм	Размеры, мм					
			1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Размер шрифта – высота прописных букв	h	(10/10)h	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Высота строчных букв	c	(7/10)h	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7
Толщина линий шрифта	d	(1/10)h	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
Расстояние между буквами	a	(2/10)h	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Минимальный шаг строк	b	(17/10)h	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17
Минимальное расстояние между словами	e	(6/10)h	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0



Рис. 9

Таблица 4

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

1.6. Графические обозначения материалов в сечениях

ГОСТ 2.306–68 устанавливает графические обозначения материалов в сечениях, а также правила нанесения их на чертежах, которые приведены в таблице 5.

Таблица 5

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы		Стекло и другие светопрозрачные материалы	
Неметаллические материалы		Жидкости	
Дерево		Грунт естественный	
Бетон		Сетка	

Наклонные параллельные линии штриховки проводятся под углом 45° к линиям рамки чертежа (рис. 10а), к линии контура изображения (рис. 10б) или к его оси (рис. 10в).

Если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа под углом 45° , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° брать угол 30° или 60° (рис. 11).

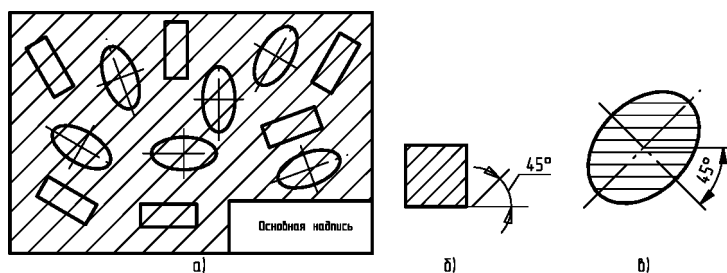


Рис. 10

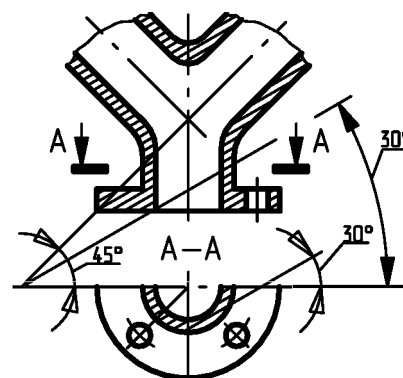


Рис. 11

Линии штриховки наносятся с наклоном влево или вправо, но в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены.

Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполненных в одном и том же масштабе сечений данной детали. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки. Необходимо разнообразить штриховку смежных сечений.

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (рис. 12).

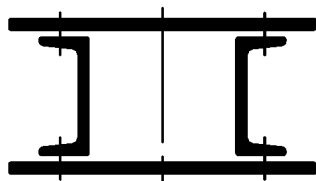


Рис. 12

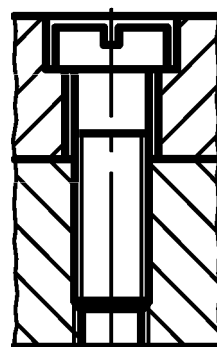


Рис. 13

При вычерчивании смежных сечений двух деталей наклон линий штриховки выполняют в разных направлениях (рис. 13).

При штриховке «в клетку» для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным (рис. 14).

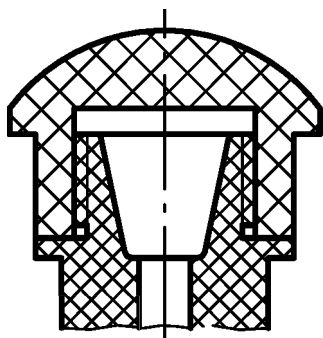


Рис. 14

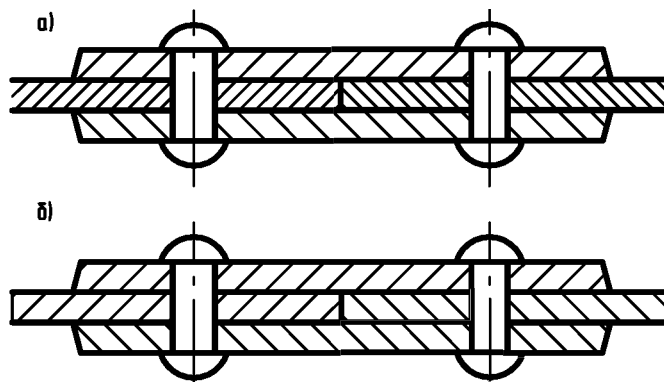


Рис. 15

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона следует изменять расстояние между линиями штриховки (рис. 15а), или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона (рис. 15б).

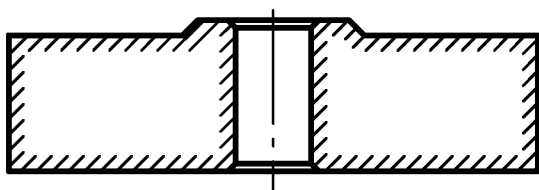


Рис. 16

При больших площадях сечений, а также при указании профиля грунта допускается наносить обозначение лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины, как показано на рис. 16.

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

2.1. Деление отрезка прямой на равные части

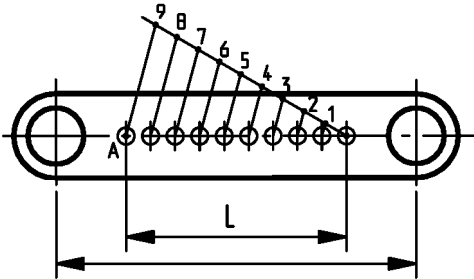


Рис. 17

На рис. 17 отрезок L требуется разделить на 9 равных частей. Для этого из любого конца данного отрезка под произвольным острым углом проводят вспомогательную прямую, на которой циркулем откладывают 9 равных отрезков произвольной величины. Крайнюю точку 9 соединяют с концом отрезка (точка A). Затем с помощью линейки и угольника проводят ряд прямых, параллельных прямой $A9$, которые и делят отрезок L на 9 равных частей.

2.2. Деление окружности на равные части

Некоторые детали имеют элементы, равномерно расположенные по окружности. При выполнении чертежей подобных деталей необходимо уметь делить окружность на равные части.

Деление окружности на три равные части. Для нахождения точек, делящих окружность радиуса R на три равные части, достаточно из любой точки окружности, например:

1. Из точки A провести дугу радиусом R . Пересечение дуги с окружностью дадут две искомые точки 2 и 3;
2. Третья точка деления будет находиться на пересечении оси окружности, проведённой из точки A , с окружностью (рис. 18а).

Деление окружности на шесть равных частей. В этом случае выполняются те же построения, но дугу описывают не один, а два раза из точек 1 и 4 радиусом R , равным радиусу окружности (рис. 18б).

Деление окружности на 12 равных частей. Можно использовать тот же приём, что и при делении окружности на шесть равных частей, но дуги радиусом R описывают четыре раза из точек 1, 7, 4 и 10 (рис. 18в).

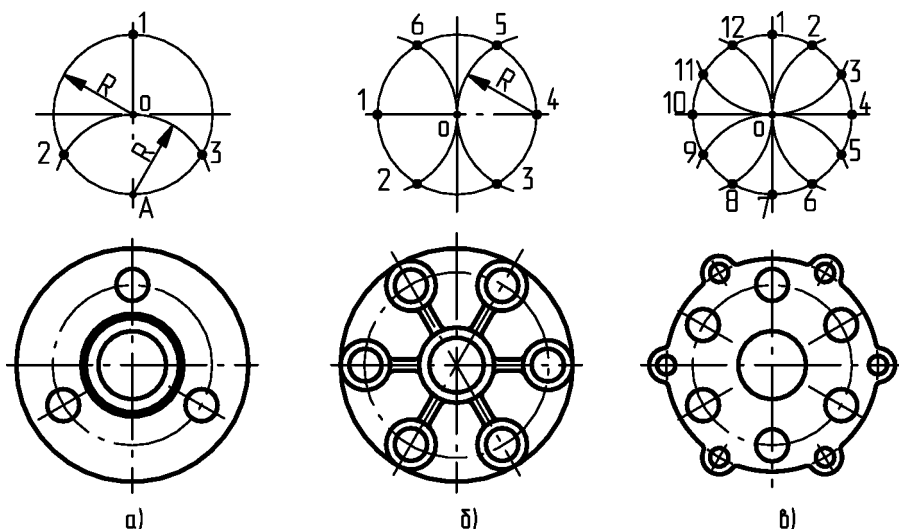


Рис. 18

Деление окружности на 8 равных частей. Два взаимно перпендикулярных диаметра делят её на четыре равные части - точки 1, 3, 5, 7 (рис. 19а). Чтобы разделить окружность на восемь равных частей, применяют известный приём деления прямого угла с помощью циркуля на две равные части. Получают точки 2, 4, 6, 8 (рис. 19а).

Деление окружности на пять равных частей. Через намеченный центр O (рис.19б) циркулем описывают окружность заданного диаметра. Из точки A радиусом R , равным радиусу данной окружности, проводят дугу, которая пересечёт окружность в точке n , опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию, получают точку C . Из точки C радиусом R_1 , равным расстоянию от точки C до точки l , проводят дугу, которая пересечёт горизонтальную осевую линию в точке m . Из точки l радиусом R_2 , равным расстоянию от точки l до точки m , проводят дугу, пересекающую окружность в точке 2. Точки 3, 4 и 5 находят, откладывая циркулем отрезки, равные ml .

Деление окружности на семь равных частей. Из точки A (рис. 19в) проводится вспомогательная дуга радиусом R , равным радиусу данной окружности, которая пересечёт окружность в точке n . Из точки n опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию. Из точки l радиусом, равным отрезку nc , делают по окружности семь засечек и получают семь искомым точек.

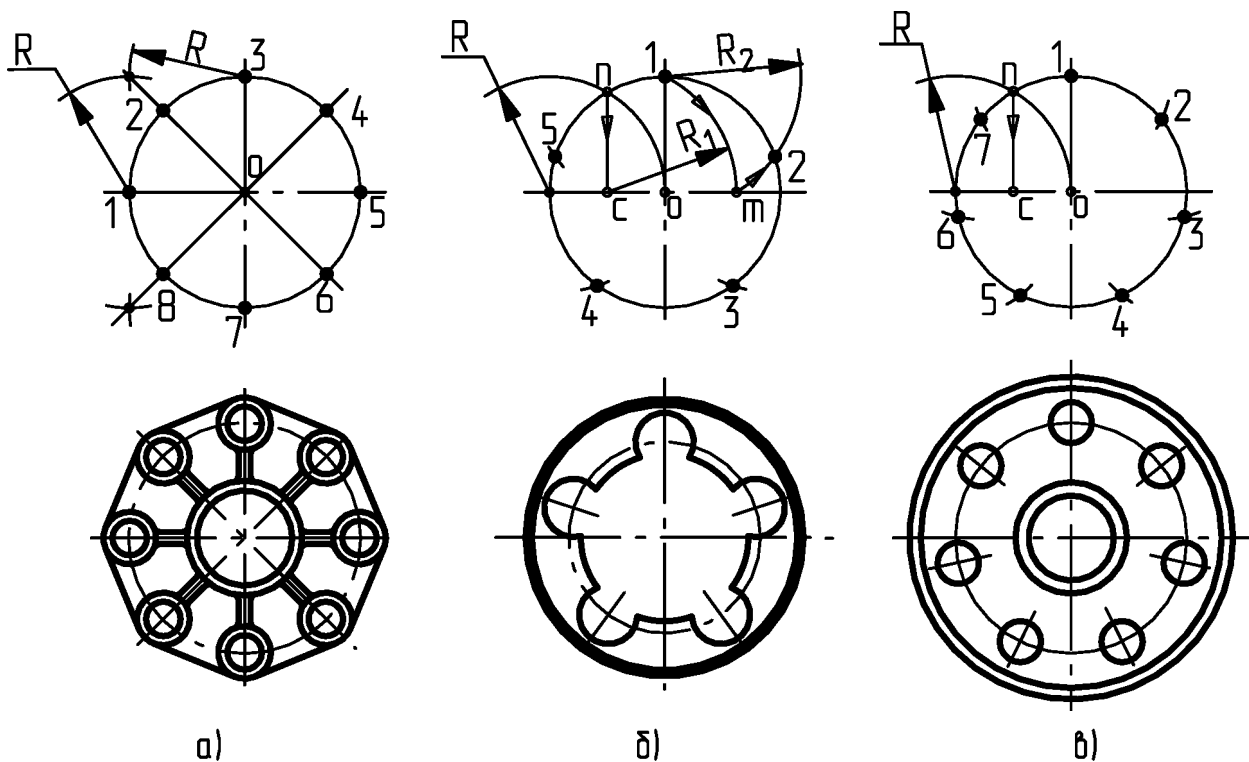


Рис. 19

3. ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ И СОПРЯЖЕНИЯ

3.1. Лекальные кривые

Контуры всех изображений образованы различными линиями. Основными линиями служат: прямая линия, окружность, ряд кривых. При вычерчивании контуров изображений применяются различные построения и сопряжения.

С точки зрения геометрического построения *плоские кривые разделяются на циркульные и лекальные.*

Циркульными называются кривые, точки которых лежат на окружности (овалы, овоиды, завитки и др.).

Построение овала по заданному размеру большой оси AB выполняют следующим образом (рис.20а). Ось AB делят на три равные части OA_1 , O_1O_2 , O_2B . Радиусом, равным O_1O_2 , из точек деления O_1 и O_2 проводят окружности, пересекающиеся в точках m и n .

Соединив точки m и n с точками O_1O_2 , получают прямые nO_1 , nO_2 , mO_1 и mO_2 , которые продолжают до пересечения с окружностями. Полученные точки $1, 2, 3$ и 4 являются точками сопряжения дуг. Из точек m и n , как из центров, радиусом R_1 , равным $m2$ и $n3$, проводят верхнюю дугу 12 и нижнюю дугу 34 .

Построение овала по двум заданным осям AB и CD приведено на рис.20б.

Проводят оси AB и CD . Из точки их пересечения O радиусом OC (половиной малой оси овала) проводят дугу до пересечения с большой осью овала AB в точке N . Точку A соединяют прямой с точкой C и на ней от точки C откладывают отрезок NB , получают точку N_1 .

В середине отрезка AN_1 восстанавливают перпендикуляр и продолжают его до пересечения с большой и малой осями овала в точках O_1 и n . Расстояние OO_2 откладывают по большой оси овала вправо от точки O , а расстояние On от точки O откладывают по малой оси овала вверх, получают точки n_1 и O_2 .

Точки n и n_1 являются центрами верхней дуги 12 и нижней дуги 34 овала, а точки O_1 и O_2 – центрами дуг 13 и 24 . Получают искомый овал.

Овоид в отличие от овала имеет только одну ось симметрии. Радиусы R и R_1 дуг окружностей, центры которых лежат на оси симметрии овоида, не равны друг другу (рис. 20в).

Построение овоида по заданной оси AB выполняется в следующей последовательности (рис. 20в).

Проводят окружность диаметром, равным оси AB овоида. Из точек A и B через точку O_1 (точка пересечения окружности радиуса R с осью симметрии) проводят прямые. Из точек A и B , как из центров, радиусом R_2 , равным оси AB , проводят дуги An и Bm , а из центра O_1 радиусом R_1 проводят малую дугу овоида $m n$.

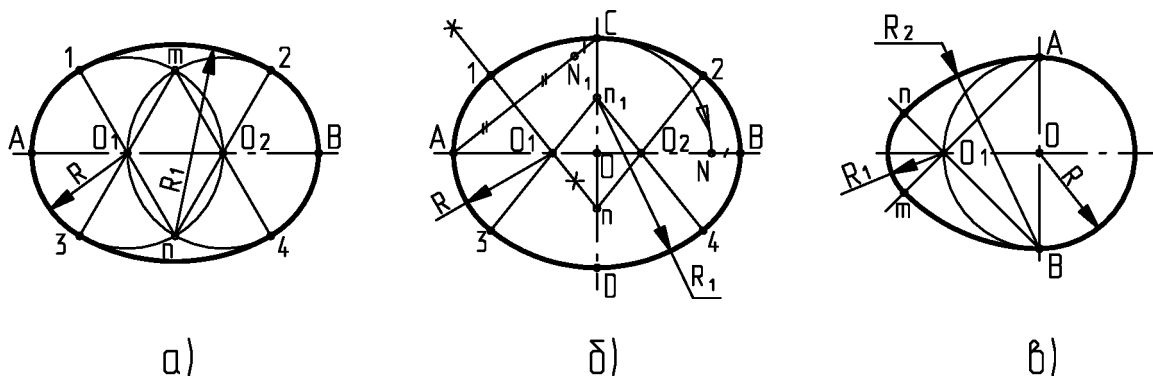


Рис. 20

Лекальными называются кривые, точки которых не лежат на окружности. К ним относится эвольвента, эллипс, парабола, гипербола и др. Все перечисленные виды кривых имеют широкое применение в технике. Все лекальные кривые строятся по точкам, положение которых определяется графически или аналитически. Чтобы получить плавную кривую, необходимо иметь на чертеже достаточное количество точек.

Для построения кривой пользуются лекалами. Плавную кривую линию можно получить в том случае, когда кромка лекала совпадет с четырьмя–пятью точками, но необходимо соединять при этом три или четыре точки соответственно (рис. 21).

При выполнении чертежей часто приходится прибегать к вычерчиванию кривых, состоящих из ряда сопряжённых частей, которые невозможно провести циркулем. Такие кривые строят обычно по ряду принадлежащих им точек, которые затем соединяют плавной линией сначала от руки карандашом, а затем обводят с помощью лекала (см. рис. 21).

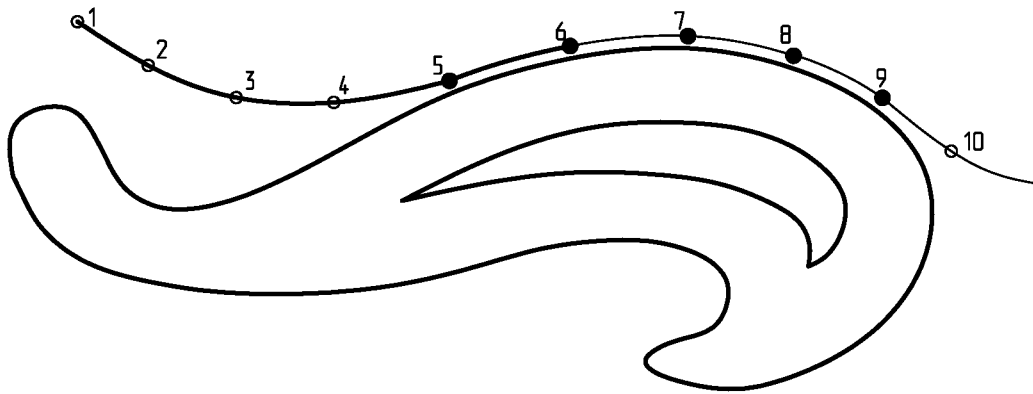


Рис. 21

Чтобы начертить плавную лекальную кривую, необходимо иметь набор из нескольких лекал. Выбрав подходящее лекало, надо подогнать кромку части лекала к возможно большему числу заданных точек кривой. На рис. 21 участок кривой между точками 1-6 уже обведён. Чтобы обвести следующий участок кривой, нужно приложить кромку лекала к следующим точкам 5-9, при этом лекало должно касаться части уже обведённой кривой (между точками 5-6). Затем обводят кривую между точками 6 и 8.

Построение эллипса по двум его осям

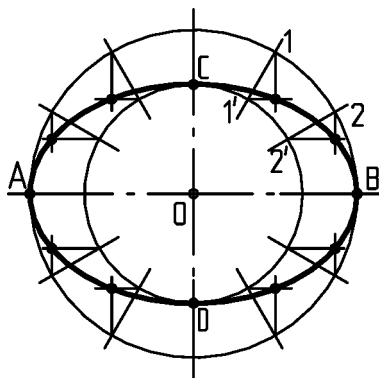


Рис. 22

На заданных осях эллипса – большой AB и малой CD , построить как на диаметрах две концентрические окружности (рис. 22).

Одну из них разделить на 8-12 равных частей и через точки деления и центр O провести радиусы до их пересечения с большой окружностью.

Через точки $1, 2, \dots$ деления большой окружности провести прямые, параллельные малой оси CD , а через точки $1', 2', \dots$ деления малой окружности – прямые, параллельные большой оси AB .

Точки пересечения соответствующих прямых принадлежат искомому эллипсу. Полученную совокупность точек, включая точки на большой и малой осях, последовательно соединить от руки плавной кривой, которую затем обвести по лекалу.

3.2. Сопряжения

При вычерчивании деталей, контуры очертаний которых состоят из прямых линий и дуг окружностей с плавными переходами одной линии в другую, часто выполняют сопряжения.

Сопряжением называют плавный переход одной линии в другую, от прямой линии к окружности и от окружности к окружности. Построение сопряжений основано на свойствах прямых, касательных к окружностям, или касающихся между собой окружностей.

Примеры 1, 2, 3 (рис. 23 а, б, в).

Выполнить сопряжение двух пересекающихся прямых AB и BC радиусом R . Чтобы найти центр дуги сопряжения, надо провести вспомогательные прямые, параллельные

заданным прямым на расстоянии R до взаимного пересечения в точке O , которая и будет центром дуги окружности сопряжения.

Опустив перпендикуляры из центра O на каждую из заданных прямых, найдем точки сопряжения M и H и проведем дугу радиусом R из центра O .

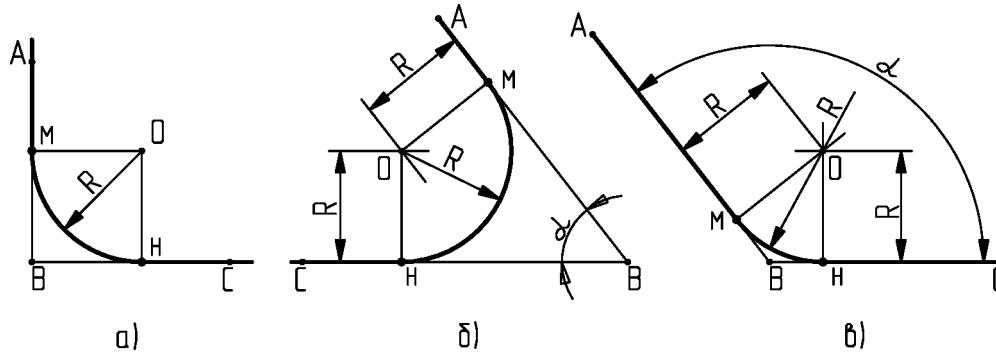


Рис. 23

Пример 4. Выполнять сопряжение дуг радиусом R_1 и R_2 , если даны расстояния между центрами l_1 и l_2 и радиус сопряжения R .

Для нахождения центра O дуги сопряжения проводим из центра O_2 дугу радиусом $R - R_2$, а из центра O_1 – дугу радиусом $R - R_1$. Пересечение этих дуг определит центр окружности O . Найдем на пересечении прямых OO_2 и OO_1 с соответствующими дугами точки A и B . Полученные точки соединим дугой радиуса R (рис. 24а).

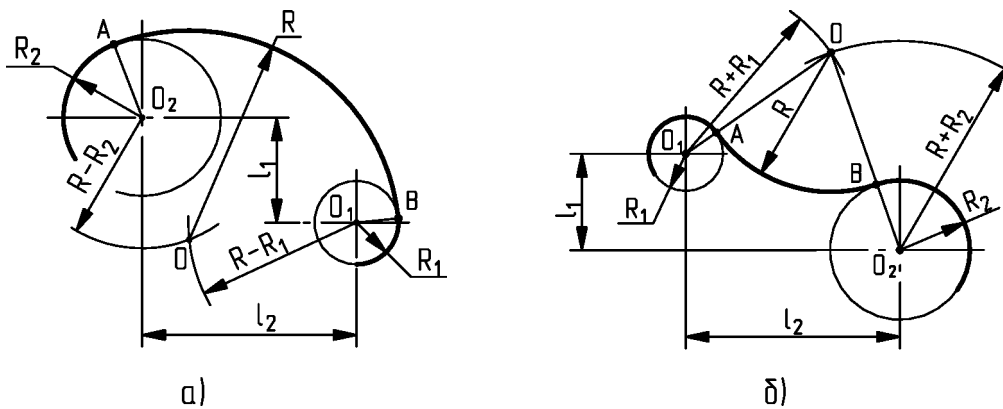


Рис. 24

Пример 5. Даны дуги радиусов R_1 и R_2 , расстояния между центрами дуг l_1 и l_2 и радиус сопряжения R . Построить сопряжение этих дуг. Решение задачи аналогично примеру 4, с той лишь разницей, что из центров O_1 и O_2 проводим дуги радиусов $R + R_1$ и $R + R_2$ (рис. 24б).

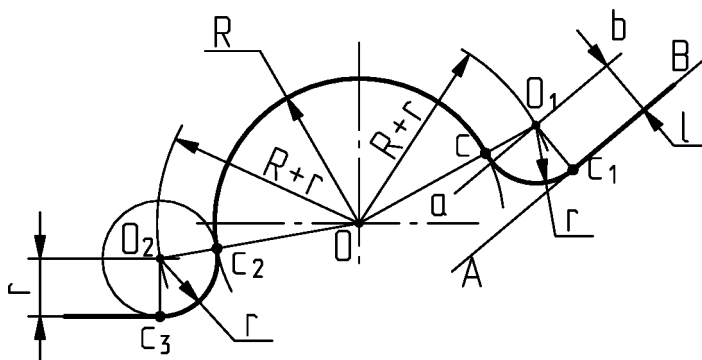


Рис. 25

Пример 6. На рис. 25 показано Сопряжение дуги окружности радиусом R и прямой AB дугой окружности радиуса r с внешним касанием.

Для построения такого сопряжения проводят дуги окружности радиуса R и прямую AB . Параллельно заданной прямой на расстоянии, равном радиусу r (радиус сопрягающей дуги), проводят

прямую ab . Из центра O проводят дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов R и r , до пересечения её с прямой ab в точке O_1 . Точка O_1 является центром дуги сопряжения.

Точка сопряжения C_1 является основанием перпендикуляра, опущенного из центра O_1 на данную прямую AB . С помощью аналогичных построений могут быть найдены точки O_2 , C_2 , C_3 .

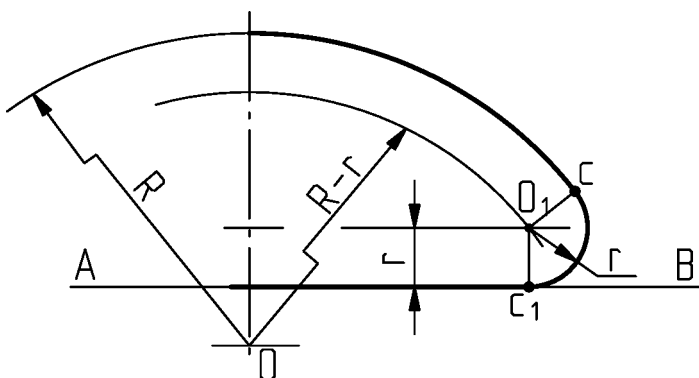


Рис. 26

центра O_1 на данную прямую. Точку сопряжения C находят на пересечении прямой OO_1 с сопрягаемой дугой.

Центр дуги сопряжения O_1 находится на пересечении вспомогательной прямой, проведённой параллельно данной прямой на расстоянии r , с дугой вспомогательной окружности, описанной из центра O радиусом, равным разности $R-r$. Точка сопряжения является основанием перпендикуляра, опущенного из центра O_1 на данную прямую. Точку сопряжения C находят на пересечении прямой OO_1 с сопрягаемой дугой.

Пример 7. На рис. 26, выполнено сопряжение дуги радиуса R с прямой AB дугой радиуса r с внутренним касанием.

Центр дуги сопряжения O_1 находится на пересечении вспомогательной прямой, проведённой параллельно данной прямой на расстоянии r , с дугой вспомогательной окружности, описанной из центра O радиусом, равным разности $R-r$. Точка сопряжения является основанием перпендикуляра, опущенного из

3.3. Построение смешанного сопряжения

Пример 8. Пример смешанного сопряжения приведён на рис. 27.

Дано: R_1 и R_2 - радиусы сопрягаемых дуг окружностей;

l_1 и l_2 - расстояние между центрами этих дуг;

R - радиус сопрягающей дуги.

Определить положение центра O_2 сопрягающей дуги и найти точки сопряжения C и C_1 .

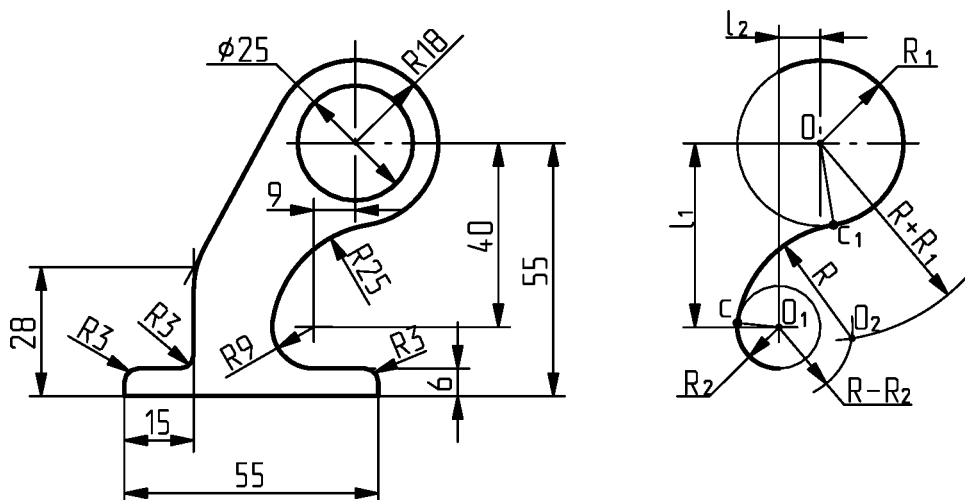


Рис. 27

Для приобретения навыков в построении сопряжений выполняют упражнения по вычерчиванию контуров сложных деталей. Для этого необходимо определить порядок построения сопряжений и только после этого приступить к их выполнению.

3.4. Определение центра дуги окружности

Многие детали машин и приборов имеют контур очертания, состоящий из прямых линий, лекальных кривых и дуг окружностей.

При вычерчивании деталей часто приходится определять величину радиусов дуг окружностей контурных очертаний детали и находить положение центров этих дуг. На рисунке 28а показана деталь (кронштейн), левая часть ребра которой выполнена по дуге окружности.

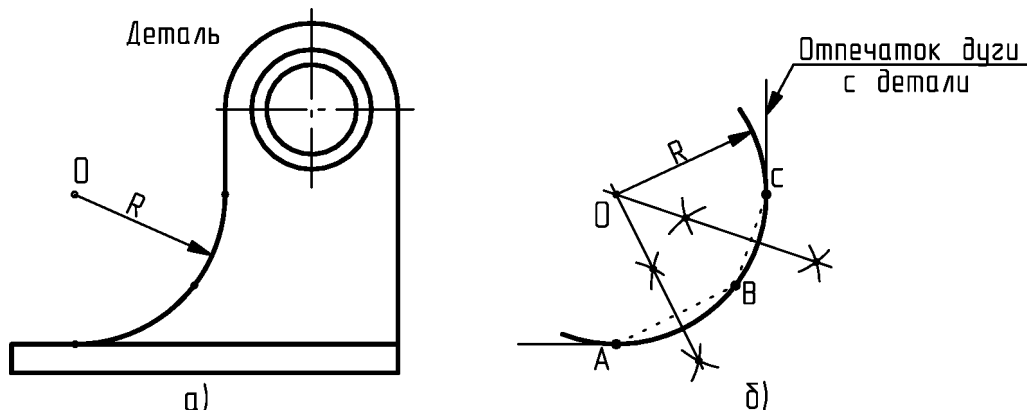


Рис. 28

Чтобы найти положение центра и величину радиуса данной дуги, предварительно делают отпечаток дуги на бумаге.

Далее с помощью циркуля и линейки можно определить центр и размер радиуса дуги окружности, для этого на отпечатке дуги намечают три произвольно расположенные на ней точки A , B и C (рис. 28б) и проводят хорды AB и BC . С помощью циркуля и линейки проводят перпендикуляры через середины хорд AB и BC . Точка пересечения перпендикуляров (точка O) является искомым центром дуги детали, а расстояние от точки O до любой точки дуги будет размером радиуса R .

4. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

4.1. Общие положения

Правила нанесения размеров устанавливает ГОСТ 2.307–68 (в ред. 1988 г.). Величину изображенного изделия и его элементов задают размерами, указываемыми на чертеже размерными числами, размерными и выносными линиями.

Количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, за исключением справочных размеров (см. ниже).

4.2. Единицы измерения

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения. При других единицах измерения длины (дюймах, сантиметрах, метрах) соответствующие размерные числа следует сопровождать обозначением единиц измерения, например, 25,0 см. При задании всех размеров на чертеже в единой системе единиц, иной, чем миллиметры, её следует оговорить общей надписью на поле чертежа.

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах, обозначая при этом единицы измерения, например:

$$4^{\circ}; 4^{\circ}30'; 12^{\circ}45'; 12^{\circ}45'30''.$$

Нормальные линейные размеры. При выборе размеров изделия рекомендуется согласовывать их с ГОСТ 6636-69 (в ред. 1989г.), устанавливающим четыре ряда линейных размеров в интервале 0,001...20 000мм. Применение стандартных линейных размеров целесообразно для поверхностей, подвергаемых точной механической обработке, так как это способствует сокращению номенклатуры режущего, контрольного и мерительного инструментов, а также облегчает настройку станков. Далее приведены ряды размерных чисел в интервале от 1,0 до 200 мм.

Первый ряд: 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250.

Второй ряд: 1,2; 2,0; 3,2; 5,0; 8,0; 12; 20; 32; 50; 80; 125; 200; 320.

Третий ряд: 1,1; 1,4; 1,8; 2,2; 2,8; 3,6; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 65; 71; 90; 110; 140; 180; 220.

Четвёртый ряд: 1,05; 1,15; 1,3; 1,7; 1,9; 2,1; 2,4; 2,6; 3,0; 3,4; 3,8; 4,2; 4,8; 5,3; 6,0; 6,7; 7,5; 8,5; 9,5; 10,5; 11,5; 13; 15; 17; 19; 21; 24; 26; 30; 34; 38; 42; 48; 53; 60; 67; 75; 85; 95; 105; 120; 130; 150; 170; 190; 210.

При этом числа первого ряда следует предпочитать числам второго ряда, числа второго - числам третьего и т. д.

4.3. Размерные и выносные линии

Размерные линии определяют границы измерения и могут иметь форму прямой и дуги окружности (рис. 29а, б).

Эти линии чаще изображают полностью и лишь в некоторых случаях выполняют с обрывом со стрелкой с одной стороны (рис. 29б, в).

Размерную линию следует проводить параллельно отрезку элемента детали, размер которого указывается, располагая ее, по возможности, вне контура изображения (рис. 29).

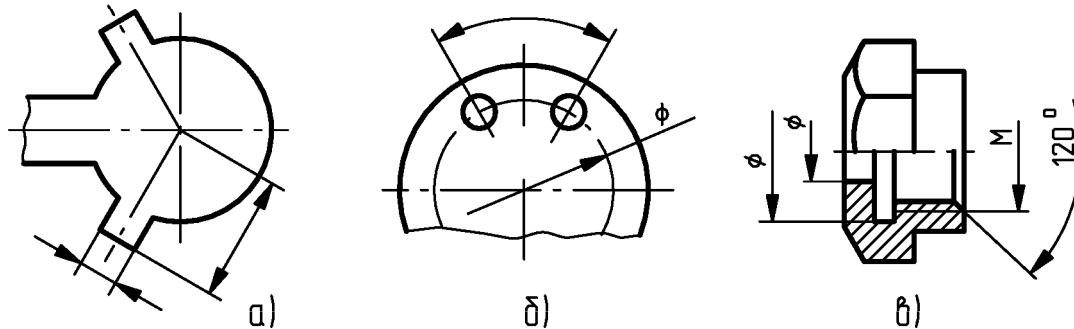


Рис. 29

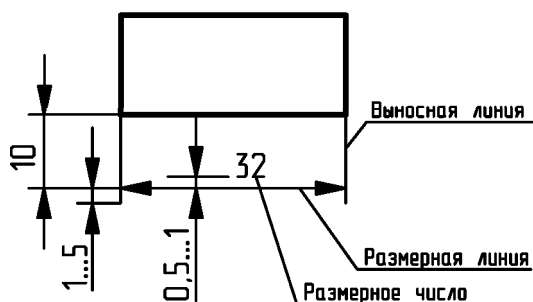


Рис. 30

Выносные линии являются вспомогательными. Проводят их от границ измерения, а между ними проводят размерные линии. Концы выносных линий, выходящие за размерные линии, на всём чертеже должны быть одинаковыми и равными 1...5 мм (рис. 30).

Размерные числа следует наносить над Размерной линией параллельно ей и возможно ближе к середине. Между размерным числом и размерной линией должен быть промежуток 0,5...1 мм.

При нескольких параллельных размерных линиях самый малый размер располагают ближе всех к изображению на расстоянии как минимум 10мм от контура изображения. Следующий, больший, размер наносят на расстоянии как минимум 7мм от первого размера, в такой последовательности и на тех же расстояниях располагают все последующие размеры (рис. 31).

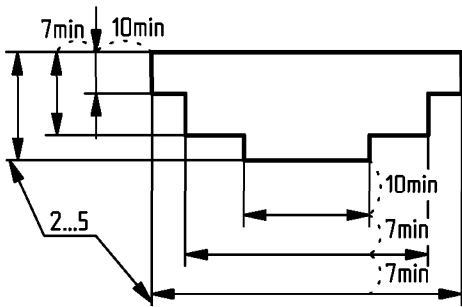


Рис. 31

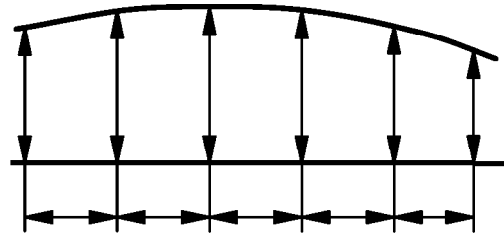


Рис.32

Размерные линии можно проводить к линиям видимого контура, осевым, центровым и выносным линиям. Предпочтительнее помещать размерную линию между выносными линиями, а не между контурными, и располагать её вне контура изображения. Недопустимо линии контура, осевые, центровые и выносные применять в качестве размерных.

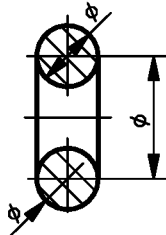


Рис. 33

Исключением служит способ задания криволинейного контура (рис. 32).

Выносные и размерные линии, проходящие по заштрихованному полю чертежа, не должны совпадать с направлением линий штриховки (рис.33).

Выносные линии проводят перпендикулярно размерным.

Исключением является случай, когда выносные линии практически сливаются с другими линиями или при нормальном положении могут помешать ясности в записи и понимании размера.

Размерную и выносную линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм (рис. 34, 35).

Размерные линии предпочтительно

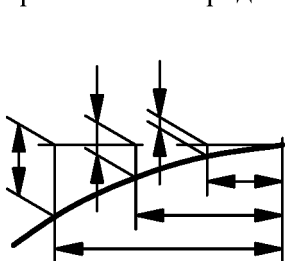


Рис. 34

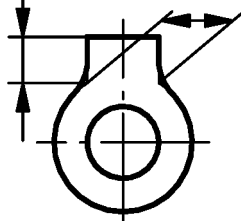


Рис. 35

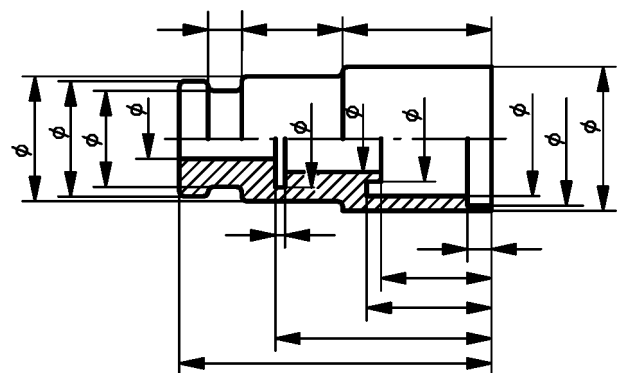


Рис. 36

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения, располагая по возможности внутренние и наружные размеры деталей по разные стороны изображения (рис. 36).

Однако размеры можно нанести внутри контура изображения, если ясность чертежа от этого не пострадает.

4.4. Стрелки

Размерные линии с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися остриями в соответствующие линии. Стандарт предусматривает два типа начертания стрелок, их форма показана на рис. 37.

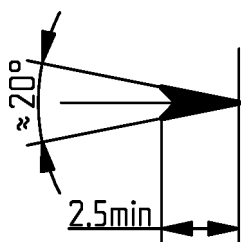


Рис. 37

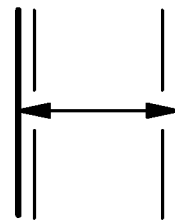
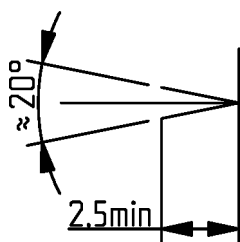


Рис. 38

Величину стрелок следует выбирать в зависимости от толщины линий видимого контура и выдерживать одинаковой для всех размеров данного чертежа. В случае пересечения стрелки близко расположенной контурной или выносной линией эти линии в месте пересечения со стрелкой должны быть прерваны (рис. 38).

Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок между выносными линиями, то её продолжают за выносные линии (контурные, осевые, центровые) и стрелки наносят снаружи выносных линий (рис. 39).

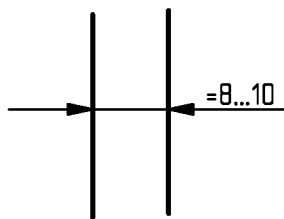


Рис. 39

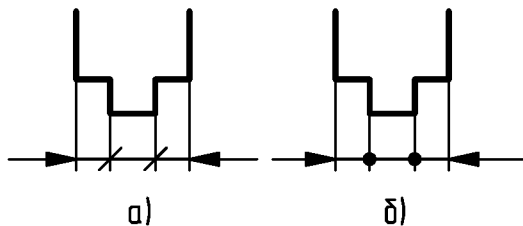


Рис. 40

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 40а), или чётко наносимыми точками (рис. 40б).

4.5. Размерные числа

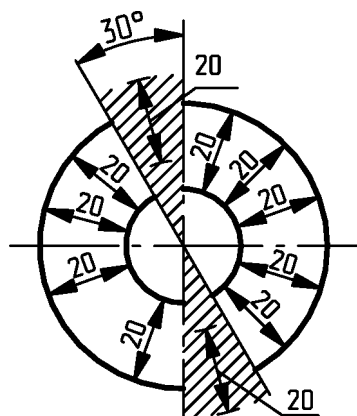


Рис. 41

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к её середине (см. рис. 30). Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже следует выбирать, исходя из наибольшего удобства для чтения.

В случае расположения размерной линии вертикально размерные числа наносят слева от размерной линии.

Если размерные линии расположены наклонно, то размерные числа линейных размеров следует располагать в соответствии со схемой, приведённой на рис. 41.

При этом если размерная линия находится в заштрихованной зоне приведённой схемы, то размерное число следует нанести на полке линии - выноски, а саму полку расположить параллельно основной надписи.

Если для нанесения размерного числа над размерной линией недостаточно места, то его следует наносить по одному из вариантов, представленных на рис. 42.

Если не хватает места для нанесения стрелок на коротких размерных линиях, то стрелки следует наносить по одному из вариантов, приведённых на рис. 43.

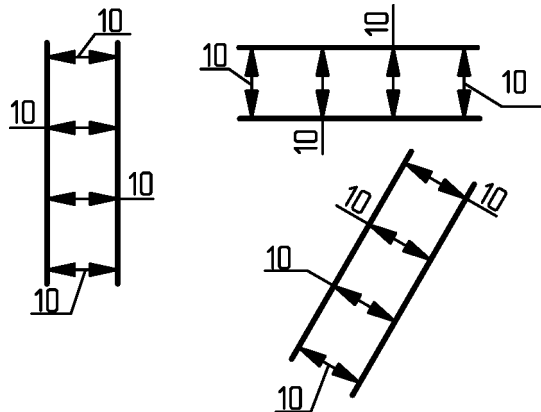


Рис. 42

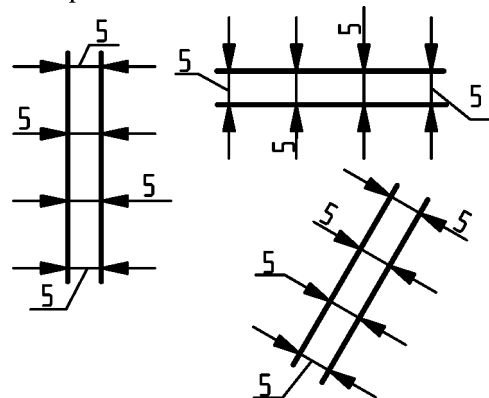


Рис. 43

В местах нанесения размерного числа следует прерывать осевую линию (рис. 44), центровые линии (рис. 45) и линии штриховки (рис. 46), но линию контура прерывать нельзя.

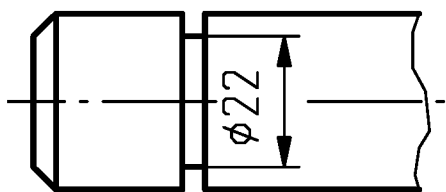


Рис. 44

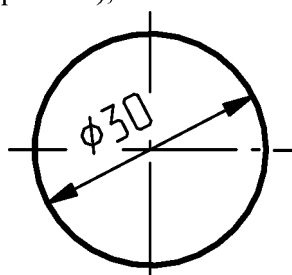


Рис. 45

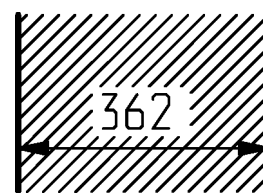


Рис. 46

Нельзя разрывать линию контура для размещения размерного числа.

Не допускается размещать размерные числа в местах пересечения размерных, осевых и центровых линий. Недопустимо разделять или пересекать размерные числа какими бы то ни было линиями чертежа.

При нанесении размеров следует помнить, что размерные числа независимо от выбранного масштаба должны соответствовать **натуральной** величине всех элементов изображаемой детали.

При расположении нескольких параллельных размерных линий на малом расстоянии друг от друга размерные числа размещают над размерными линиями в шахматном порядке (рис. 47).

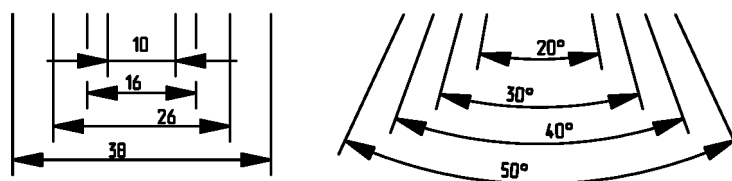
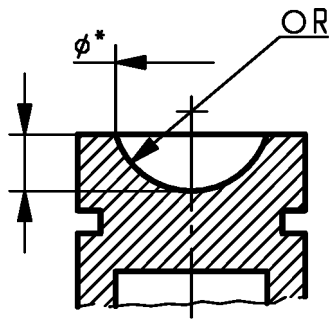


Рис. 47

Размерные числа нельзя разделять или пересекать какими-либо линиями чертежа.



*Размер для справки

Рис. 48

Различают размеры рабочие (исполнительные), каждый из которых используют при изготовлении изделия и его приёмке (контроле), и справочные, указываемые только для большего удобства пользования чертежом. Их использование для каких-либо измерений в процессе изготовления не допускается.

Справочные размеры отмечают знаком «*», а в технических требованиях, располагаемых над основной надписью, записывают: «* Размер (ы) для справки (вок)» (рис. 48).

5. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

5.1. Нанесение размеров радиуса окружности

Радиус дуги окружности обозначают прописной буквой R (высотой, равной высоте размерного числа), которую ставят перед размерным числом, задающим размер радиуса (рис. 49).



Рис. 49

Размерную линию радиуса окружности следует проводить между дугой или её продолжением и центром. Размерная линия радиуса имеет только одну стрелку.

В случае необходимости проведения нескольких радиусов из одного центра их размерные линии не должны располагаться на одной прямой (рис. 50).

Положение центра радиуса дуги изображают при необходимости в виде пересечения центровых или выносных линий. При большой (сравнительно с чертежом) величине радиуса его центр можно не показывать (рис. 51) или приблизить к обозначаемой дуге, изображая при этом размерную линию с двумя изломами под углом 90° (рис. 52).

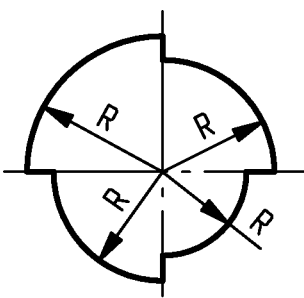


Рис. 50

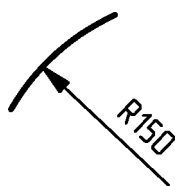


Рис. 51

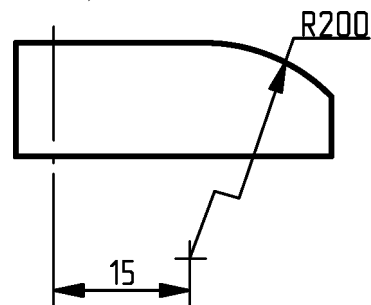


Рис. 52

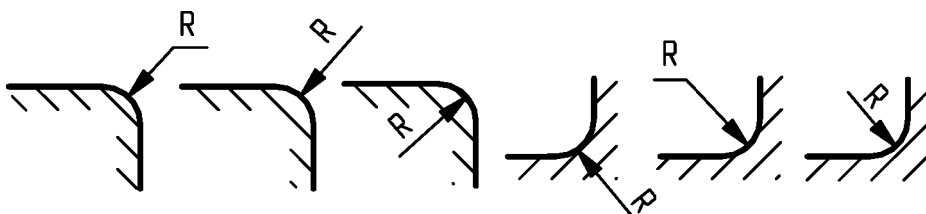


Рис. 53

Размеры радиусов наружных и внутренних скруглений наносят либо на размерной линии, либо на полочке размерной линии. При этом следует избегать совпадения размерных и штриховых линий (рис. 53). Вариант написания размерных чисел при различных положениях размерных линий следует выбирать, исходя из удобства их прочтения на чертеже. Если радиусы скруглений на всем чертеже одинаковы, то их размеры можно не указывать, а в технических требованиях сделать запись типа: «Неуказанные радиусы скруглений 5 мм».

5.2. Нанесение размеров диаметра окружности

Диаметр окружности обозначают знаком \varnothing , который наносят перед размерным числом, указывающим размер диаметра, например $\varnothing 10$, высота знака равна высоте цифр размерных чисел.

Знак представляет собой окружность (размер окружности знака равен $5/7h$ размерного числа), диаметрально пересечённую отрезком прямой линии под углом $\sim 60^\circ$ к размерной линии диаметра (рис. 54).



Рис. 54

Варианты размещения размерного числа диаметра окружности:

- на продолжении размерной линии вне окружности (рис. 55а);
- на полке (рис. 55б);
- между выносными линиями на размерной линии или на её продолжении (рис. 55в);
- вне выносных линий на полке линии-выноски (рис. 55г).

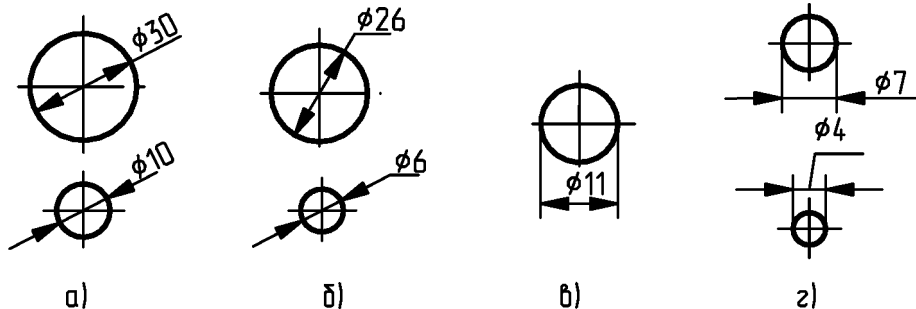


Рис. 55

При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа следует смещать с середины размерных линий и не допускать их размещения в точке пересечения центровых линий (рис. 56).

Для указания размера диаметра окружности допускается проводить размерные линии с обрывом независимо от того, полностью изображена окружность или только ее часть, причем обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (рис. 57-58).

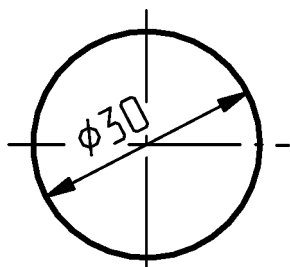


Рис. 56

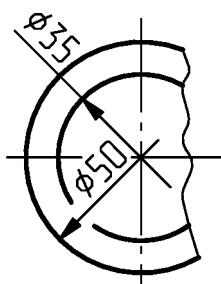


Рис. 57

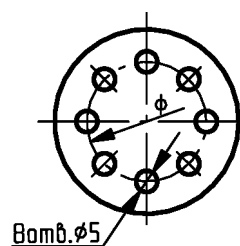


Рис. 58

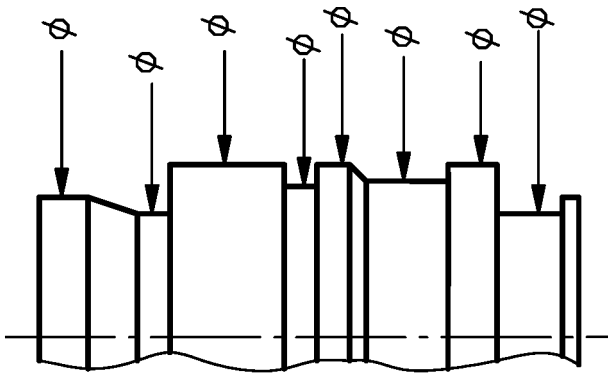


Рис. 59

Если недостаточно места для нанесения стрелок или размерного числа над размерной линией, то размеры диаметров наносят, как показано на рис. 58.

Размеры диаметров изделия сложной конфигурации можно наносить, как показано на рис. 59.

5.3. Нанесение размера длины дуги окружности

При нанесении размера **дуги окружности** размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии – параллельно биссектрисе угла и над размерным числом наносят знак « \frown » (рис. 60). Длина знака равна $6/7$, а высота $2/7$ высоты цифр.

При обозначении размера угла размерную линию следует проводить в виде дуги окружности с центром в его вершине, выносными линиями служат стороны угла.

На рис. 60 показано, как наносить размеры угла, хорды и дуги окружности.

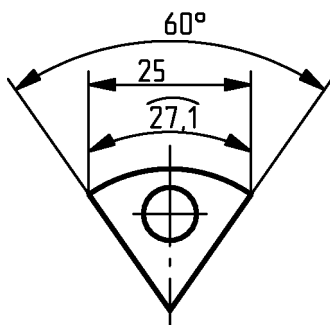


Рис. 60

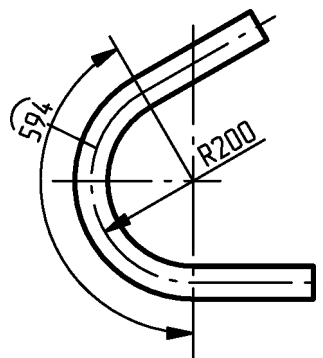


Рис. 61

Выносные линии размера дуги можно также располагать радиально, и при наличии концентричных дуг следует указать дугу, к которой относится размер (рис. 61).

5.4. Нанесение размеров квадрата

При отсутствии изображений, определяющих конфигурацию квадрата, перед размерным числом стороны квадрата наносят знак \square .

Высота знака \square должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже (рис. 62).



Рис. 62

Для удобства чтения чертежа на проекции боковой грани проводят диагональные линии (тип линии – сплошная тонкая).

Если же даны проекции квадрата, то его размеры проставляют, как показано на рисунках 63-64.

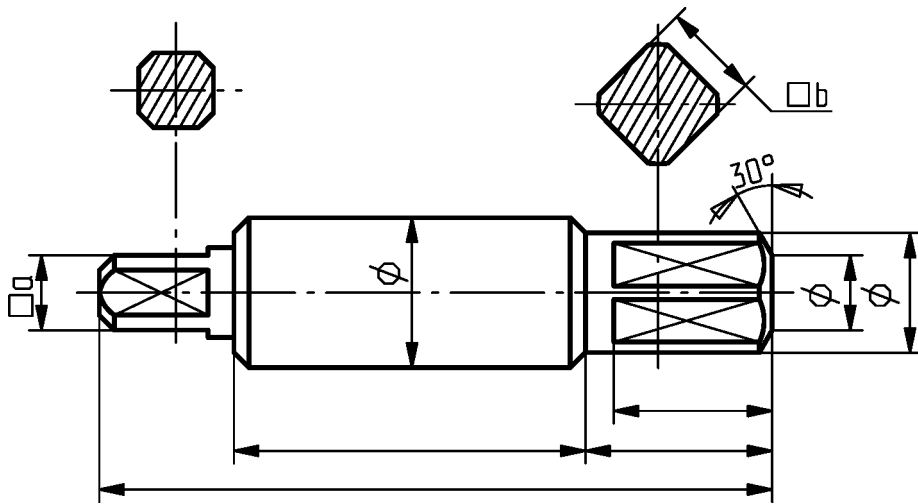


Рис. 63

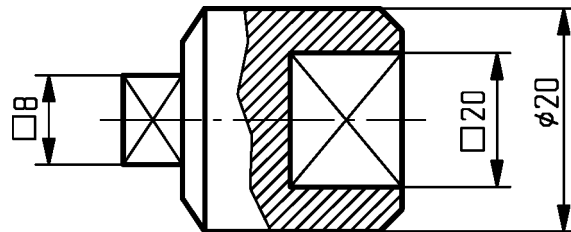


Рис. 64

5.5. Нанесение размеров радиуса и диаметра сферы

Радиус и диаметр сферы обозначают соответственно знаком R или ϕ , который наносят перед размерным числом радиуса или диаметра. В этом обозначении допускается добавлять слово «сфера» или знак \bigcirc в случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, например: «Сфера $\phi 30$ », « $OR10$ » (рис. 65-66). Диаметр знака сферы равен размеру шрифта размерных чисел на чертеже.

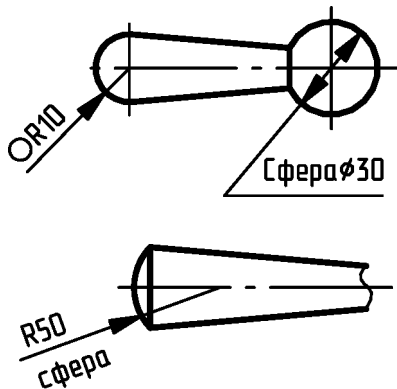


Рис. 65

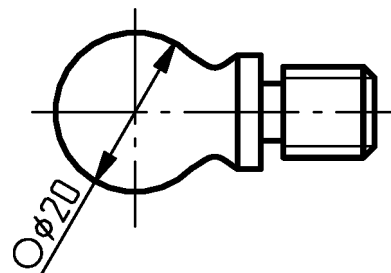


Рис. 66

5.6. Нанесение размеров углов

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением при этом единицы измерения, например $30^{\circ}35'45''$.

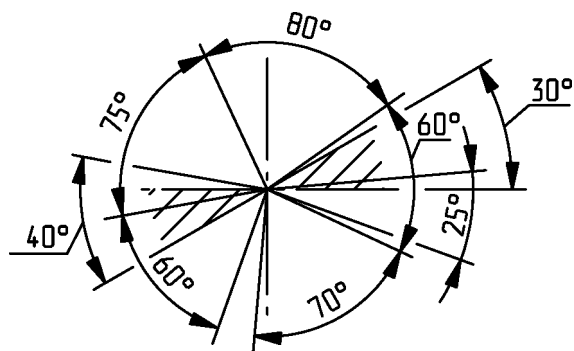


Рис. 67

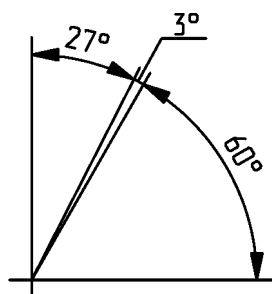


Рис. 68

Размерные числа, расположенные выше горизонтальной осевой линии, при обозначении величины угла проставляют над размерной линией со стороны выпуклости, размерные же числа, расположенные ниже горизонтальной осевой линии, проставляют со стороны вогнутости дуговых размерных линий.

В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках (рис. 67).

Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий – выносок в любой зоне (рис. 68).

5.7. Нанесение размеров фасок

Размеры фасок под углом 45° наносят, как показано на рис. 69а, б.

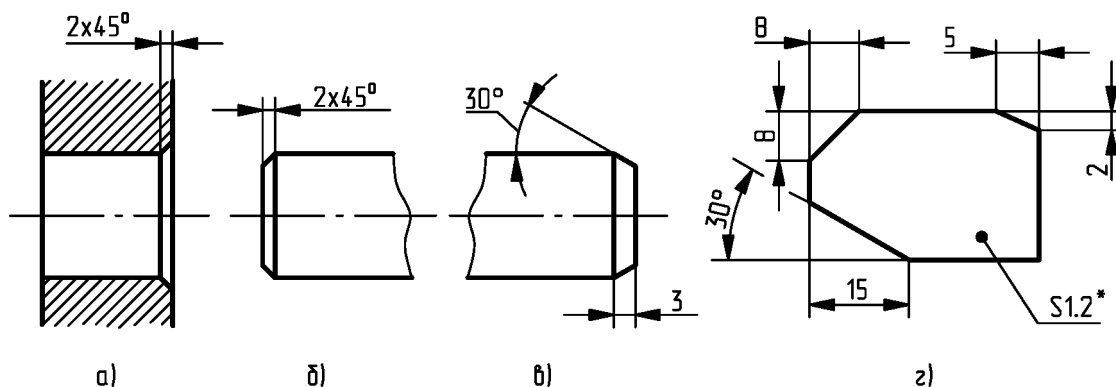


Рис. 69

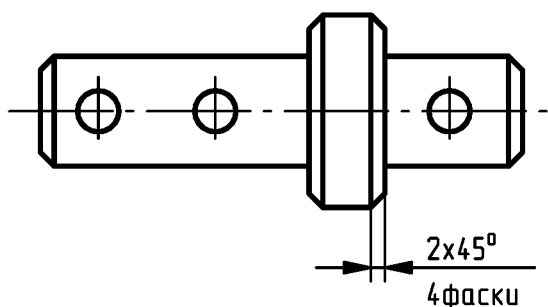


Рис. 70

Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам – линейным и угловым размерами (рис. 69 в) или двумя линейными размерами (рис. 69 г). Если деталь имеет несколько одинаковых фасок на поверхностях вращения разных диаметров, то размер фаски наносят только один раз, указывая количество фасок (рис. 70).

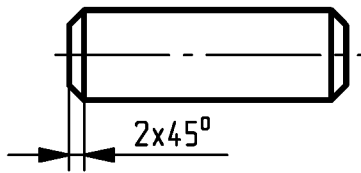


Рис. 71

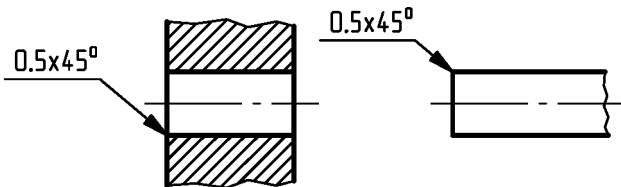


Рис. 72

Если же деталь имеет две симметрично расположенные фаски на поверхностях вращения одного диаметра, то:

- 1) размер их наносят один раз и число фасок не указывают (рис. 71);
- 2) фаски под углом 45° , размеры которых в масштабе чертежа 1мм и менее, допускается указывать на полке линии выноски, проведённой от её грани (рис. 72).

5.8. Построение и обозначение уклона

Уклоном называют величину, характеризующую наклон одной прямой линии к другой прямой. Уклон выражают дробью или в процентах.

Уклоном отрезка BC относительно прямой AB называется отношение

$$\frac{AC}{AB} = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \gamma \quad (\text{рис. 73а}).$$

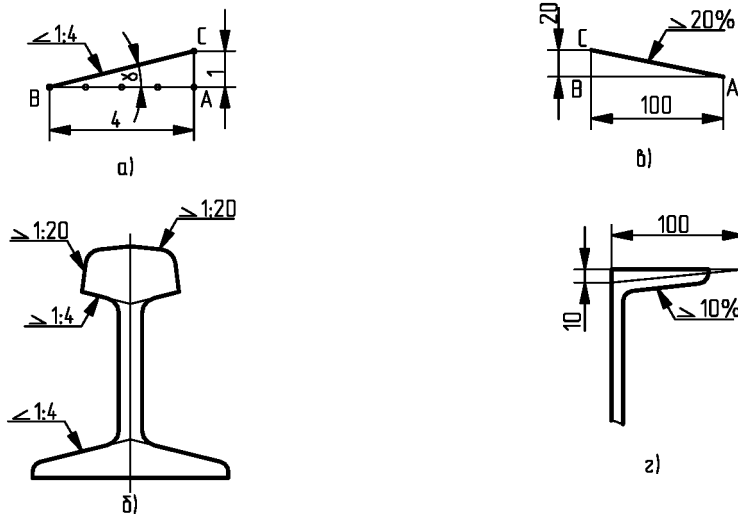


Рис. 73

Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят условный знак « \angle », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона, а одна из сторон параллельна той базовой поверхности, по отношению к которой уклон задаётся. Высота и ширина знака равны соответственно $1/2$ и $6/7$ высоты шрифта. Обозначение уклона и его величину помещают непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски. Для построения прямой BC с заданной величиной уклона к горизонтальной прямой, например 1:4, необходимо от точки A влево отложить отрезок AB , равный четырём единицам длины, а вверх – отрезок AC , равный одной единице длины. Точки C и B соединяют прямой, которая даёт направление искомого уклона. Уклоны применяются при вычерчивании деталей, изготавливаемых на прокатных станах, и деталей, изготовленных литьём. При вычерчивании контура детали с уклоном сначала строится линия уклона, а затем контур (рис. 73 а, б).

Если уклон задаётся в процентах, например 20% (рис. 73 в, г), то линия уклона строится так же, как гипотенуза прямоугольного треугольника. Длину одного из катетов принимают равной 100%, а другого – 20%. Очевидно, что уклон 20% есть, иначе, уклон 1:5.

5.9. Построение и обозначение конусности

Конусность – отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними. Если конус усечённый с диаметрами оснований D и d и длиной l , то конусность (K) определяется по формуле $K = \frac{D-d}{l} = 2\text{tg}\alpha$ (рис. 74 а).

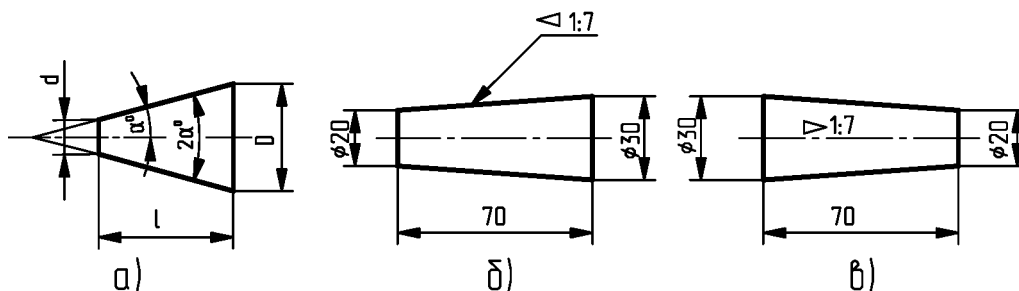


Рис. 74

Например (рис. 74 б), если известны размеры $D=30\text{мм}$, $d=20\text{мм}$ и $L=70\text{мм}$, то $(30-20)/70 = 1:7$.

Если известны конусность K , диаметр одного из оснований конуса d и длина конуса L , можно определить второй диаметр конуса.

Например, $K=1:7$, $d=20\text{мм}$ и $L=70\text{мм}$;

D находят по формуле $D = K L + d = 1:7 \times 70 + 20 = 30 \text{ мм}$ (рис.74 в).

По ГОСТ 2.307-68 перед размерным числом, характеризующем конусность, наносят условный знак конусности « ∇ », который имеет вид равнобедренного треугольника, острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса. Нормальные конусности и углы конусов устанавливает ГОСТ 8593–81. В соответствии с этим стандартом конусность при угле $2L$, равном от 30° до 120° , обозначают на чертеже величиной угла. Если же угол меньше 28° , то конусность обозначают числом, например 1:5 (см. табл. 6). Обычно на чертеже конуса даётся диаметр большего основания конуса, так как при изготовлении конической детали этот диаметр можно измерить значительно легче и точнее.

Таблица 6

Конусность - K	Угол конуса- 2α	Угол уклона- α
1:30	$1^\circ 54' 35''$	$0^\circ 54' 17''$
1:20	$2^\circ 51' 51''$	$1^\circ 25' 56''$
1:15	$3^\circ 49' 6''$	$1^\circ 54' 33''$
1:12	$4^\circ 46' 19''$	$2^\circ 23' 9''$
1:10	$5^\circ 43' 29''$	$2^\circ 51' 45''$
1:8	$7^\circ 9' 10''$	$3^\circ 34' 35''$
1:7	$8^\circ 10' 16''$	$4^\circ 5' 8''$
1:5	$11^\circ 25' 16''$	$5^\circ 42' 38''$
1:3	$18^\circ 55' 29''$	$9^\circ 27' 44''$
1:1,866	30°	15°
1:1,207	45°	$22^\circ 30'$

6. Особенности простановки размеров на чертежах

6.1. Размеры и изображения

Если изображение объекта выполнено с разрывом, то размерную линию не прерывают (рис. 75).

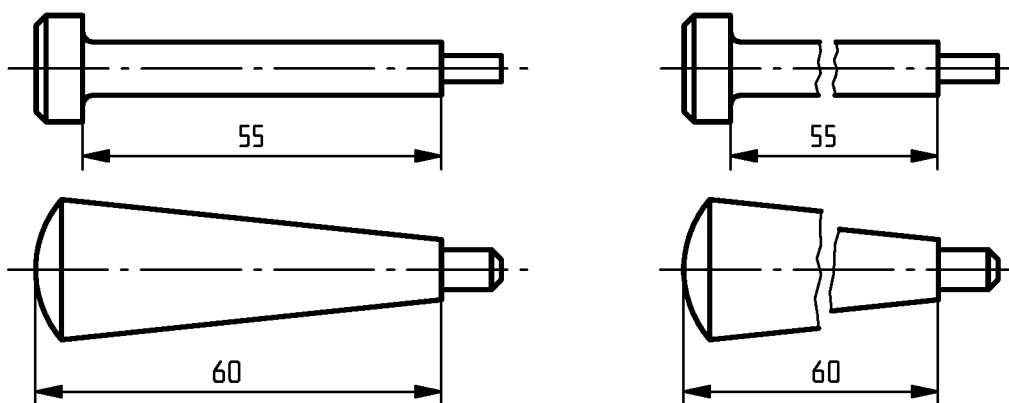


Рис.75

При неполном изображении симметричного контура, а также при соединении вида и разреза размерные числа ставят со стороны вида для наружных и со стороны разреза для внутренних элементов изделия.

При этом размерную линию обрывают за осью симметрии или дальше линии обрыва неполного изображения (рис. 76-77).

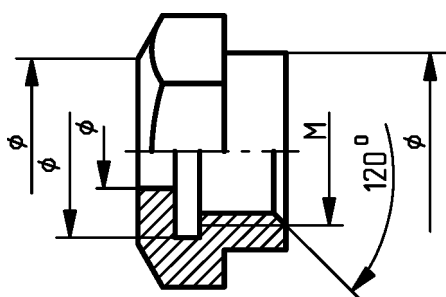


Рис. 76

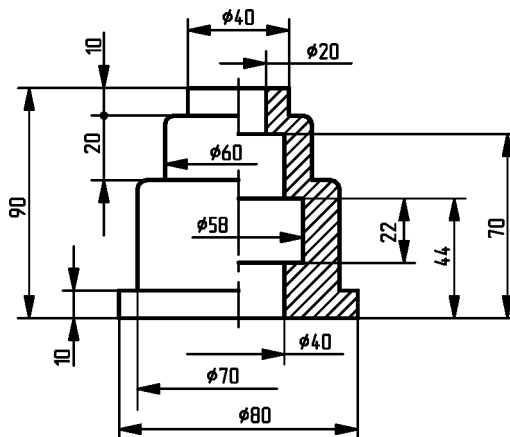


Рис. 77

6.2. Нанесение повторяющихся размеров

При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например отверстиями), рекомендуется вместо размерных цепей наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (рис. 78-79).

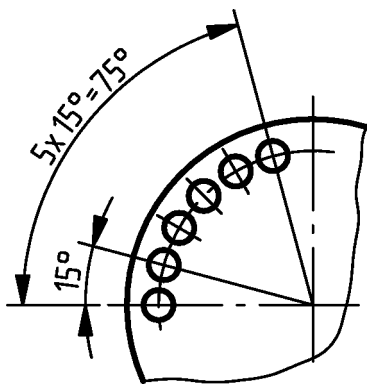


Рис. 78

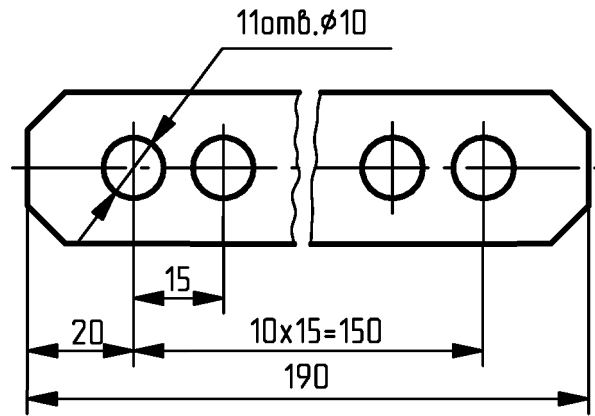


Рис. 79

Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, в одном месте все размеры.

При изображении отверстий, равномерно расположенных по окружности, расстояние между их центрами не указывают (рис. 80).

Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры – только один раз (рис. 81).

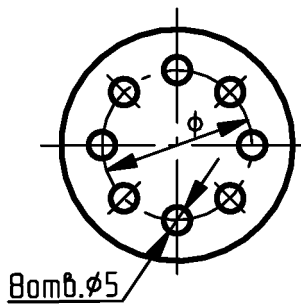


Рис. 80

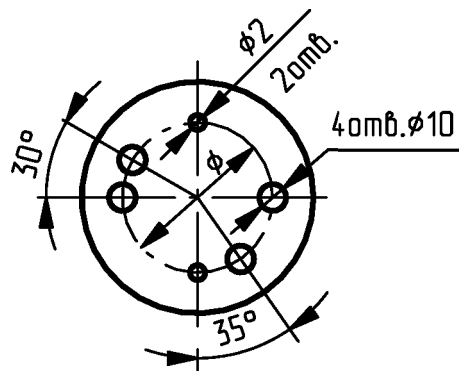
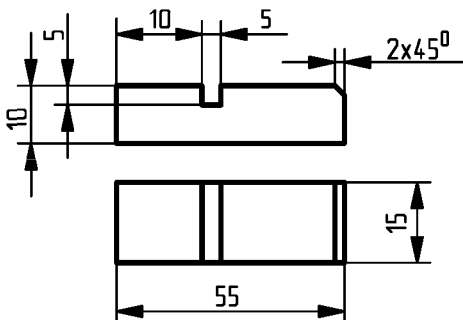


Рис. 81

Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов.

6.3. Группирование размеров



Размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.д.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (см. рис. 82).

Рис. 82

6.4. Некоторые упрощения при простановке размеров

Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например отверстия), рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями. При отсутствии этих условий указывают количество отверстий (рис. 83).

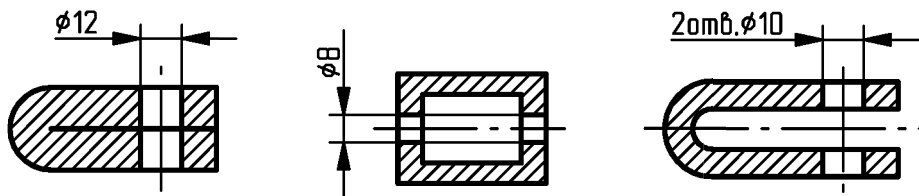


Рис. 83

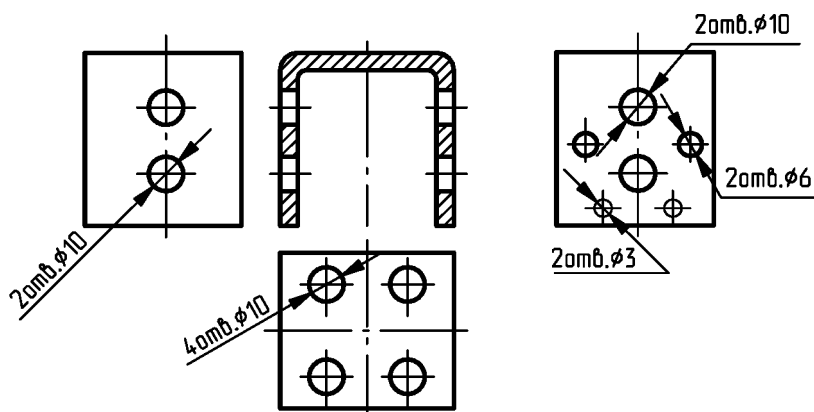


Рис. 84

Если одинаковые элементы изделия (например отверстия) расположены на разных поверхностях и показаны на разных изображениях, то количество их записывается отдельно для каждой поверхности (рис. 84).

Допускается повторять размеры элементов изделия или их групп (в том числе отверстий), лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не увязаны между собой размерами.

При изображении детали в одной проекции размер её толщины или длины наносят, как показано на рис. 85-86.

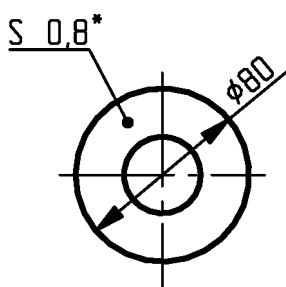


Рис. 85

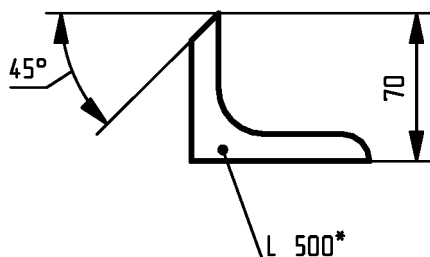


Рис. 86

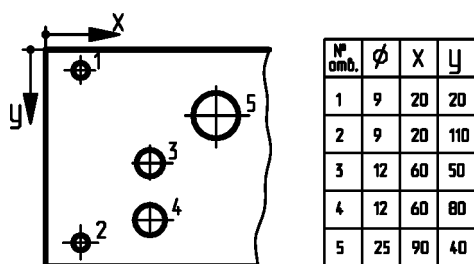
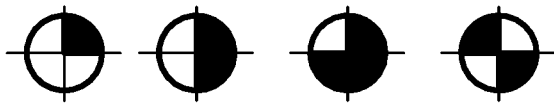


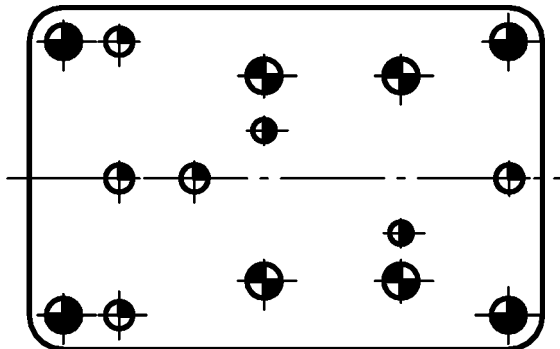
Рис. 87

При большом количестве однотипных элементов (например отверстий), неравномерно расположенных на поверхности, допускается координатный способ задания их расположения с указанием размеров (рис. 87).



Допускается также применение в соответствующих случаях для отверстий условных знаков типа приведённых на рис. 88.

Рис. 88



Обозначение	Кол.	Размеры
	5	$\phi 8$
	2	$\phi 6$
	4	$\phi 11$
	4	$\phi 12$

Рис. 89

Если на чертеже показано несколько групп близких по размерам отверстий, то рекомендуется отмечать одинаковые отверстия одним из типов условных знаков (рис. 89). Количество отверстий и их размеры допускается указывать в таблице. Отверстия обозначают условным знаком на том изображении, на котором указаны размеры их положения.

Правила упрощенного нанесения на чертежах размеров отверстий устанавливает ГОСТ 2.318-81.

Размеры отверстий на чертежах допускается наносить упрощенно (табл. 7) в следующих случаях:

- диаметр отверстия на изображении – 2 мм и менее;
 - отсутствует изображение отверстий в разрезе вдоль оси;
 - нанесение размеров по общим правилам усложняет чтение чертежа.
- Упрощенное нанесение размеров остальных типов отверстий см. в ГОСТ 2.318-81.

Таблица 7

Тип отверстия	Пример упрощенного нанесения размеров отверстия

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

Графическая работа «Геометрическое и проекционное черчение» состоит из шести самостоятельных работ, расположенных на одном листе формата А1 и работы «Шрифт» на формате А4. План графической работы представлен на рисунке 90 и отражает только те самостоятельные работы, которые относятся к рассматриваемой теме.

По теме «Геометрическое черчение» студенты выполняют работы № 1 «Нанесение размеров», № 5 «Сопряжения» или «Лекальная кривая» и на отдельном формате А4 – «Шрифт».

Остальные (свободные форматы) предназначены для выполнения заданий по теме «Проекционное черчение».

При выполнении графической работы на листе ватмана допускается выполнять учебные основные надписи (высота основной учебной надписи 20 мм).

Студенты, выполняющие работу на компьютере, сдают распечатки работ в альбоме формата А4 с титульным листом (смотри приложение).

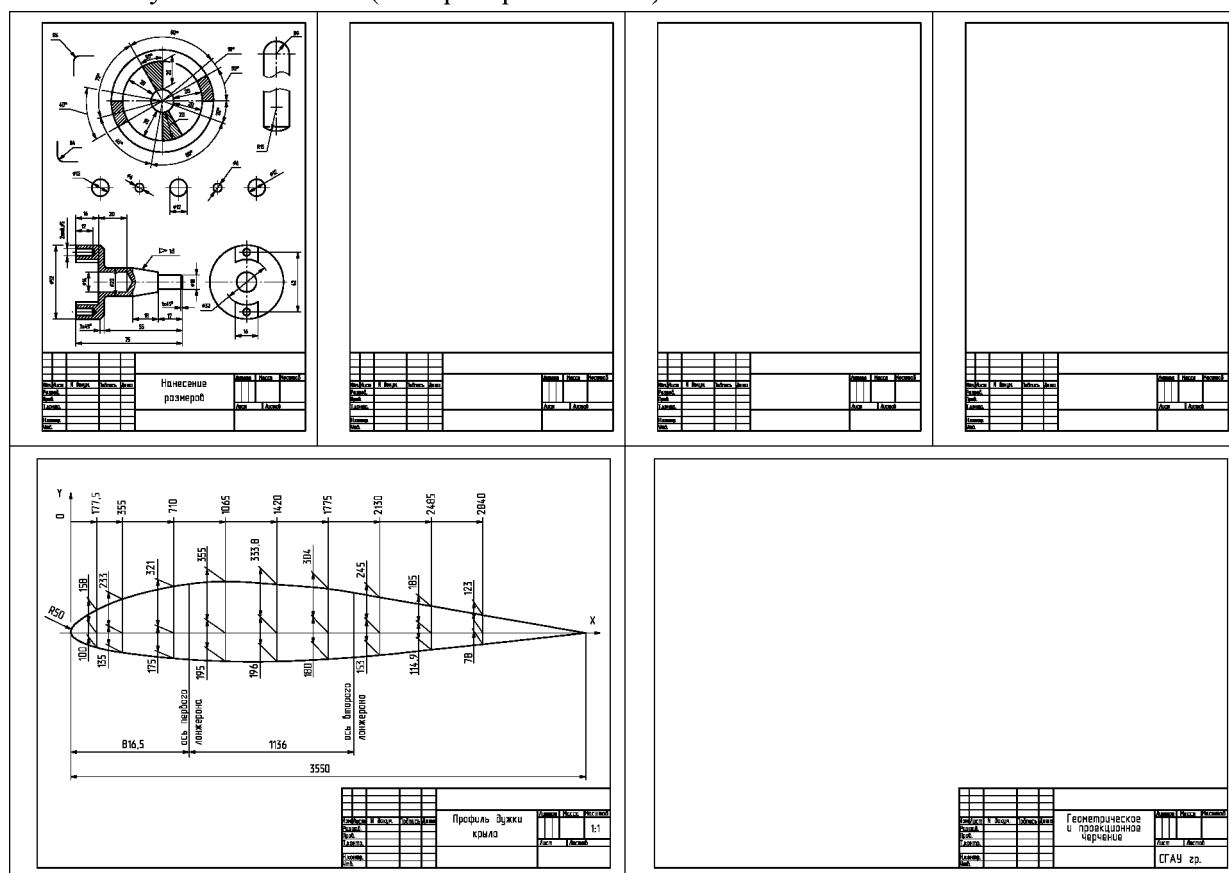


Рис. 90

7.1. Графическая работа «Нанесение размеров»

В этой работе выполняют примеры простановки размеров радиусов, диаметров, углов, прямолинейных отрезков, а также пример простановки размеров на одной из деталей общего машиностроения. Эта работа является общей для всех студентов (рис. 91).

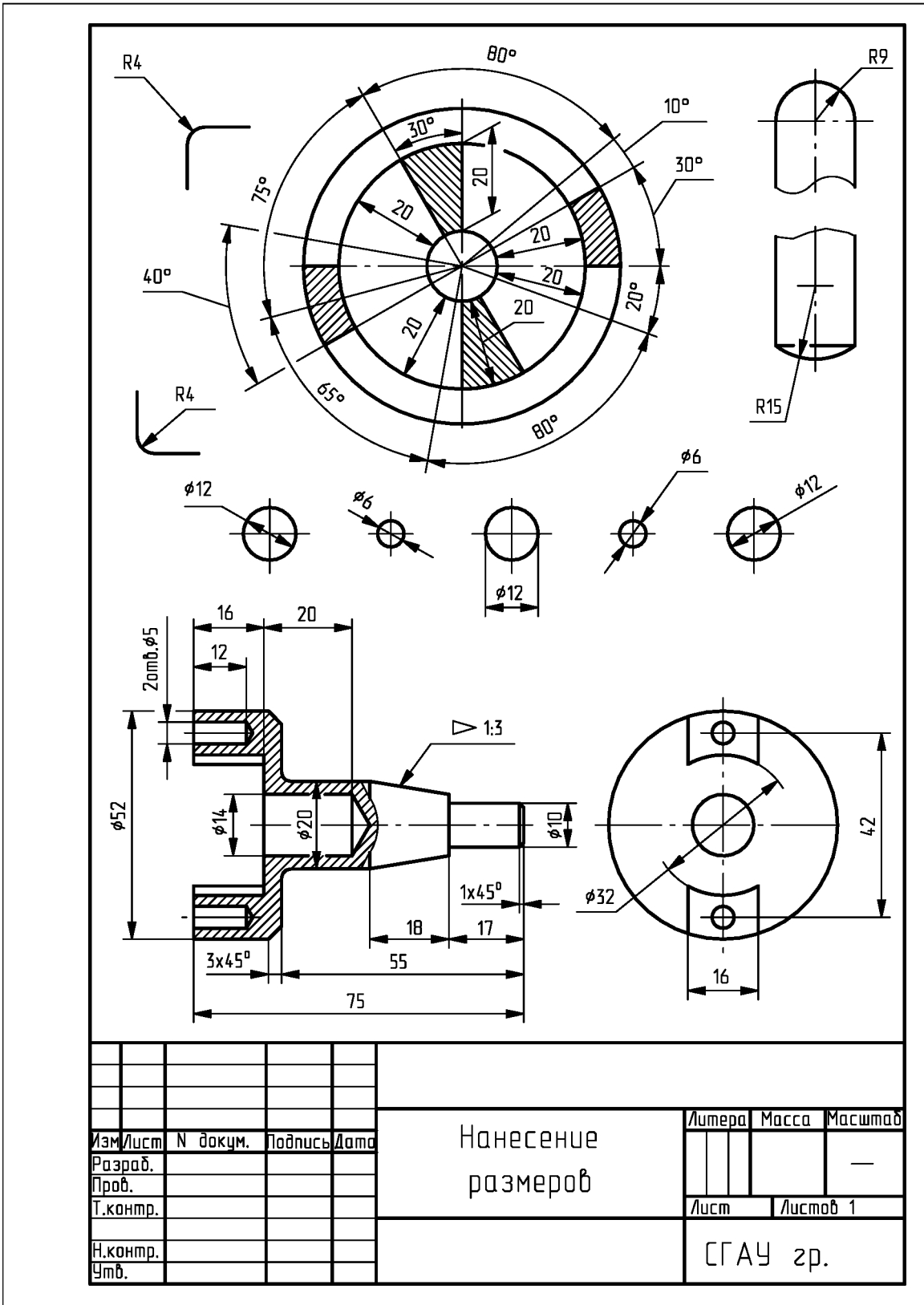


Рис. 91

7.2. Графическая работа «Выполнение сопряжений»

7.2.1. Выполнение сопряжений циркульных кривых

В этой работе выполняется упражнение на построение очертаний различного рода деталей машин, имеющих сопряжения окружностей различных радиусов. Студент получает

индивидуальное задание, содержащее очертание детали и необходимые размеры для ее построения, приведенные в таблице. По этим размерам необходимо выбрать соответствующий стандартный масштаб изображения с таким расчетом, чтобы рабочее поле чертежа формата А3 было использовано наиболее полно.

В графе «Наименование» основной надписи пишется наименование детали.

Пример выполнения изображения детали «Рычаг» показан на рис. 92.

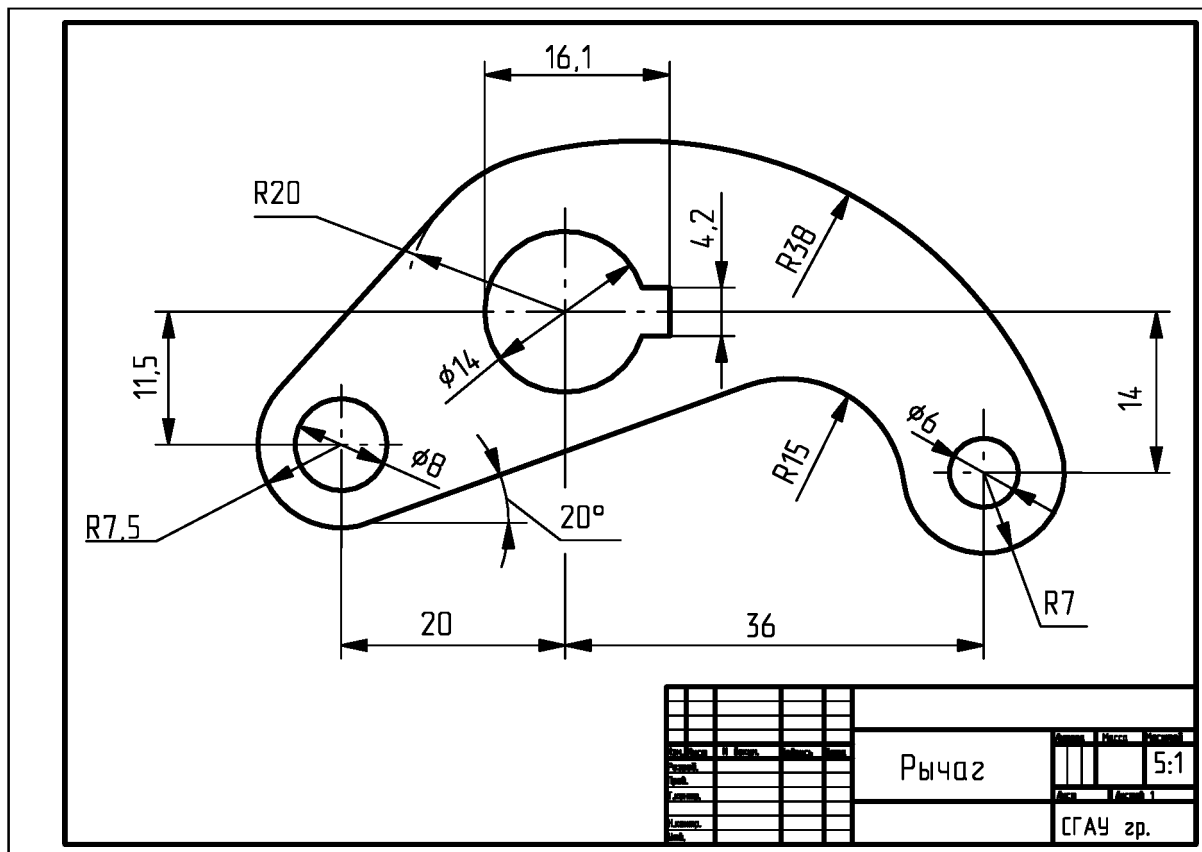


Рис. 92

7.2.2. Выполнение сопряжений лекальных кривых для деталей самолетостроения и двигателестроения

В этой работе выполняется построение кривых, встречающихся в частях самолетов и в деталях двигателей.

Студенту выдается индивидуальное задание, содержащее изображение некоторых частей самолета (фюзеляж, профиль дужки крыла, стабилизатор и др.) или деталей двигателя (лопатка турбины, лопатка компрессора, рычаг и др.), а также таблица размеров для построения этих изображений. Построение кривых производится в следующей последовательности:

- зная формат листа и габариты изделия, выбирают масштаб для выполнения чертежа;
- наносятся оси координат и по заданным в таблице размерам строят точки, принадлежащие данной кривой, полученные точки соединяются плавной кривой с помощью лекал;
- затем проставляют размеры согласно указаниям, данным в задании.

Пример выполнения профиля дужки крыла самолета дан на рис. 93.

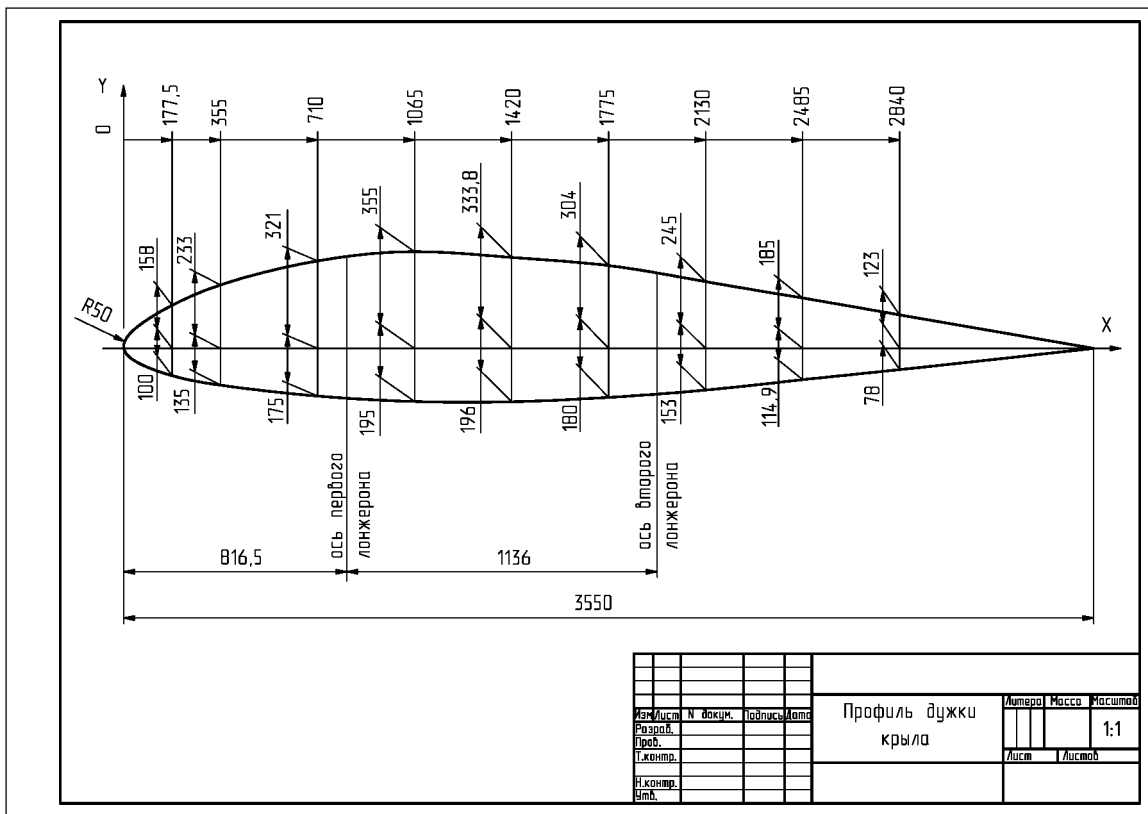


Рис. 93

7.3. Выполнение шрифта

В этой работе студенты пишут строчные и прописные буквы, цифры и примеры слов, написанные стандартным шрифтом №10 и №5 (рис.95). Русский алфавит (Кириллица), шрифт типа Б с наклоном.

Для выполнения этого задания можно воспользоваться заготовкой, которая изображена на рис. 94. Необходимо заточить карандаш лопаточкой на ширину шрифта и выполнить задание на данной заготовке.

При построении шрифта по вспомогательной сетке (см. рис. 9) следует учитывать разную ширину букв (см. табл. 3 и 4). Необходимо также помнить, что расстояние между некоторыми буквами, например Г и А; Г и Л, уменьшается до размера, равного толщине линии букв.

На рисунке 95 изображен шрифт, словосочетание и слова, которые предлагаются в качестве задания.

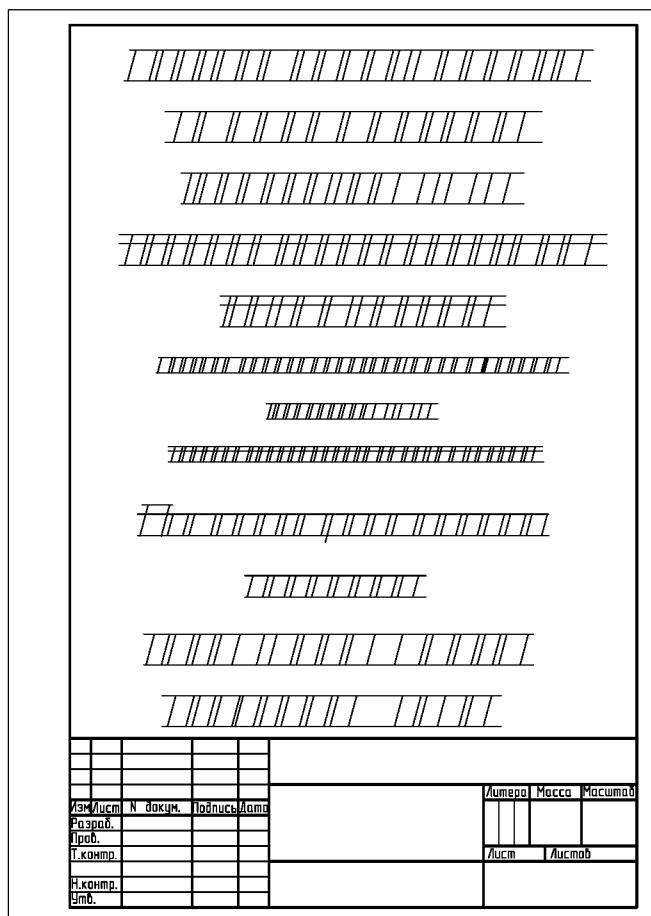


Рис. 94

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фролов, С.А.* Машиностроительное черчение/ *С.А. Фролов, А.В. Воинов, Е.Д. Феоктистова* – М.: Машиностроение, 1983.
2. Машиностроительное черчение / *под ред. Г.П. Вяткина.* – М.: Машиностроение, 1985.
3. *Лагерь, А.И.* Инженерная графика/ *А.И. Лагерь, Э.А. Колесникова* – М.: Высшая школа, 1985.
4. *Чемтинский, Л.А.* Основы геометрического моделирования: учеб. пособие / *Л.А. Чемтинский* - Самара: СГАУ, 2005. – 190 с.
5. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. – М., 1983:
 - ГОСТ 2.104–68 – Основная надпись.
 - ГОСТ 2.301–68 – Форматы.
 - ГОСТ 2.302–68 – Масштабы.
 - ГОСТ 2.303–68 – Линии.
 - ГОСТ 2.304–81 – Шрифты чертежные.
 - ГОСТ 2.306–68 – Графические обозначения материалов и правила их нанесения на чертежах.
 - ГОСТ 2.307–68 – Нанесение размеров и предельных отклонений.

Учебное издание

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ В КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТАХ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Методические указания

Составители: *Рыжкова Людмила Михайловна,
Комаровская Светлана Семёновна*

Научный редактор *А. М. Цыганов*
Редакторская обработка *Л. Я. Чегодаева*
Корректорская обработка *Т. К. Кретикина*
Доверстка *К. А. Айтиалиева*

Подписано в печать 17.10.07 г. Формат 60x84 1/16

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 5,0.

Тираж 120 экз. Заказ . ИП-4/2007

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.