

Министерство образования Российской Федерации

Брянский государственный аграрный университет

Кафедра Технического сервиса

Синяя Н.В., Никитин В.В.

«ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

Раздел геометрические построения

Часть I

МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ

ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

для студентов обучающихся по направлению подготовки - 35.03.06 Агроинженерия



Брянск– 2021г.

УДК 744 (076)
ББК 30.11
С 38

Синяя, Н. В. Инженерная графика. Разд. Геометрические построения: методическое указание для выполнения практических работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки - 35.03.06 Агроинженерия / Н. В. Синяя, В. В. Никитин. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. - Ч. I – 52 с.

Методическое указание содержит описание тем, практических и самостоятельных геометрических работ в 24 вариантах по дисциплине «Инженерная графика». Указан лекционный материал для изучения каждой темы и задания к выполнению геометрических работ.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.И. Купреенко.

© Брянский ГАУ, 2021
© Синяя Н.В., 2021
© Никитин В.В., 2021

1. Общие правила оформления чертежей

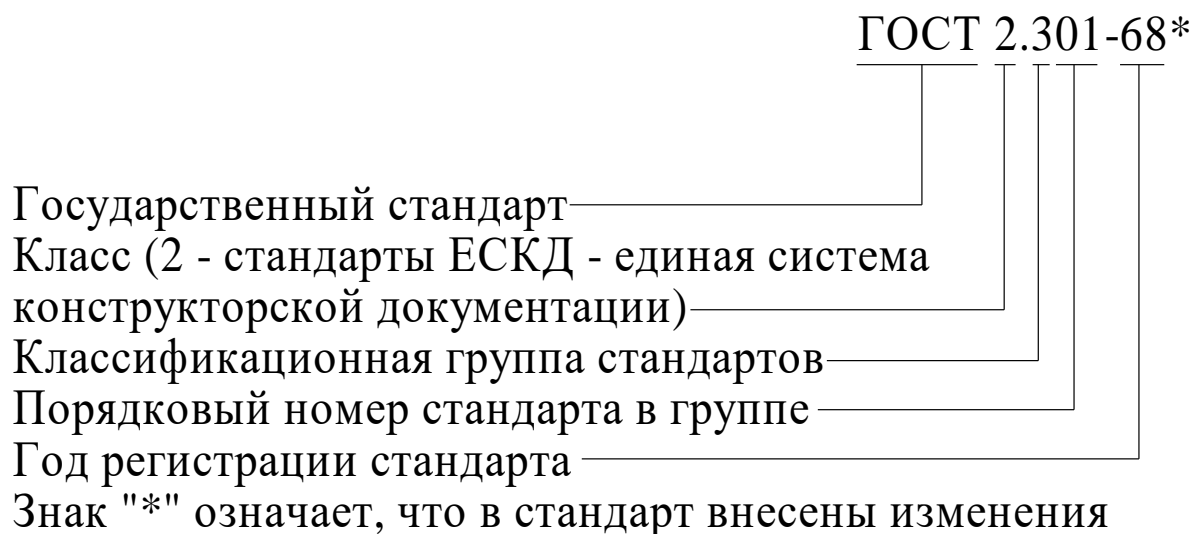
Для того, чтобы изготовить детали и собрать из них сборочную единицу, необходимо тщательно разработать конструкторскую документацию. Она должна однозначно определять, что должно быть изготовлено: наименование изделия, величина, форма, внешний вид, материалы, способы изготовления и др. Конструкторская документация должна обеспечить идентичность одноименных изделий при их изготовлении и в случае необходимости – их взаимозаменяемость.

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

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – комплекс государственных стандартов, устанавливающий взаимосвязанные правила и положения по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями, предприятиями и учебными заведениями. ЕСКД учитывает рекомендации Международной организации по стандартизации (ИСО), постоянной комиссии по стандартизации.

Соблюдение государственных стандартов обязательно для всех отраслей промышленности, проектных организаций, научных учреждений и т. д. Во всех учебных заведениях, где изучают инженерную графику, учебные чертежи выполняют по изложенным в ГОСТах правилам.

Стандарт имеет буквенное и цифровое обозначение. Далее представлена расшифровка обозначения стандарта:



1.1 Форматы (ГОСТ 2.301-68*)

Каждый чертеж должен быть выполнен на листе определенных размеров, который называется форматом. Формат определяется размерами внешней рамки. Внешняя рамка выполняется тонкой линией (рис.1.1).

ГОСТ 2.301-68* устанавливает пять основных форматов для чертежей и других конструкторских документов: А0, А1, А2, А3, А4. Площадь формата А0 равна примерно 1м². Другие основные форматы могут быть получены последовательным делением формата А0 на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата. Размеры сторон основных форматов приведены в таблице 1.1.

Табл.1.1

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

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

В технике все линейные измерения производят в мм и единицы измерения не указывают, в том числе на чертежах. При наличии других единиц – их обозначения указывают.

На чертежи наносится рамка (обрамляющая линия), которую проводят сплошной толстой основной линией. Обрамляющая линия проводится вдоль левой стороны формата на расстоянии 20 мм от внешней рамки (поле для подшивки), а вдоль остальных сторон – на расстоянии 5мм. (рис. 1.1)

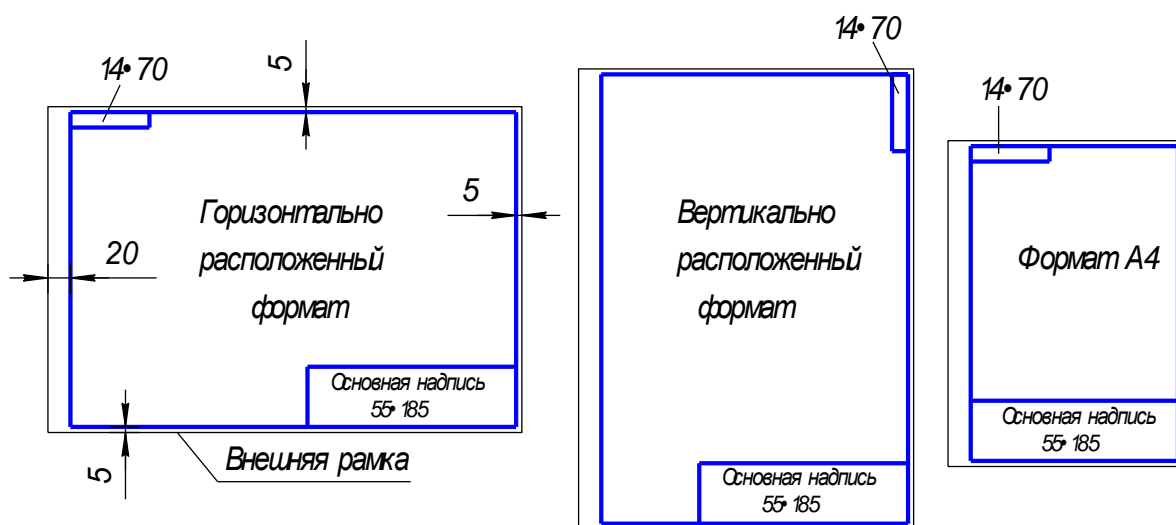


Рис.1.1

Внимание: Формат А4 располагается только вертикально. Остальные основные форматы можно располагать и вертикально, и горизонтально.

1.1.1. Основные надписи (ГОСТ 2.104-68*)

Каждый чертеж должен иметь основную надпись, которая располагается в правом нижнем углу чертежа: на формате А4 вдоль короткой стороны, а на форматах больше А4 может располагаться как вдоль длинной стороны, так и вдоль короткой стороны формата.

ГОСТ 2.104-68* устанавливает форму, размеры, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах:

- на чертежах и схемах – форма 1 (рис.1);
- на текстовых документах – форма 2 и 2а (рис. 2).

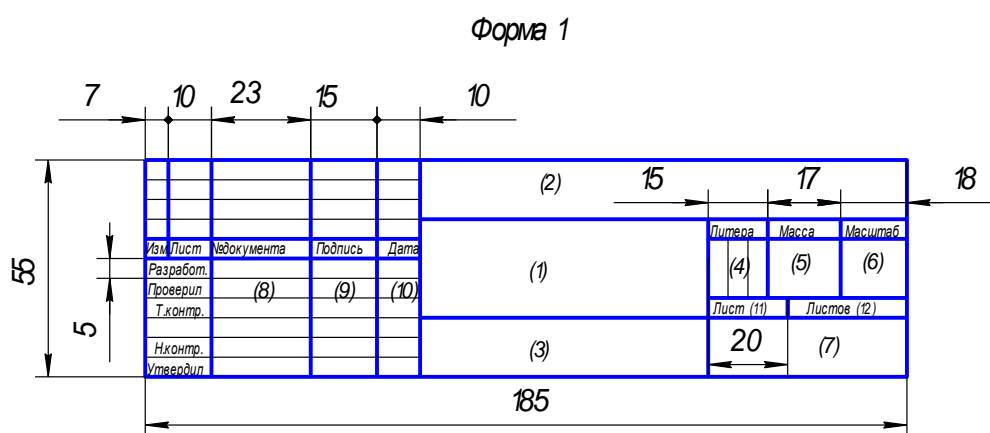


Рис.1.

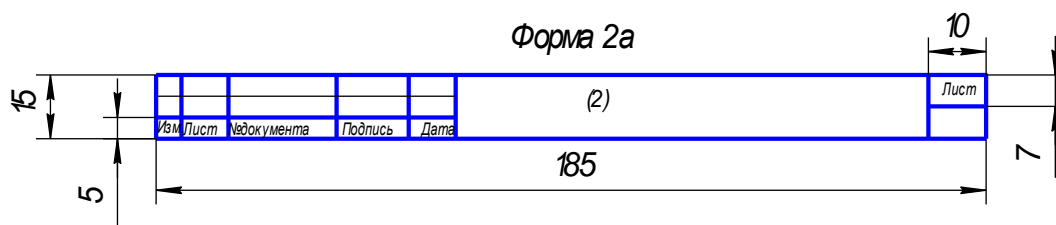
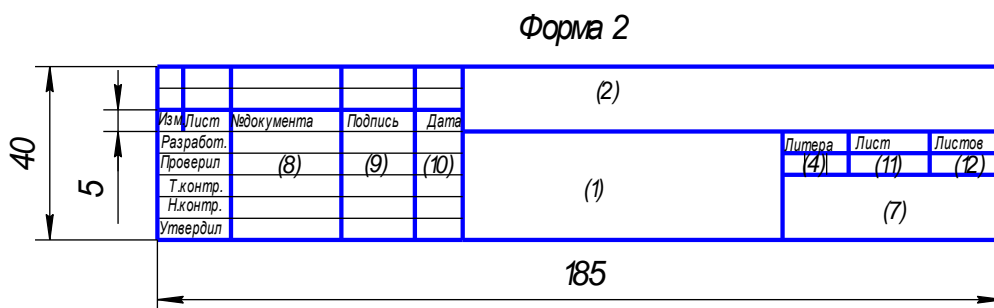


Рис.2.

В учебных заведениях заполняют следующие графы (графы обозначены числами в скобках):

графа 1 – наименование изделия, изображенного на чертеже. Вначале пишут имя существительное, затем определения;

графа 2 – обозначение (номер) чертежа по ГОСТ 2.201-80;
графа 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);
графа 4 – литера, присвоенная документу (литера «У» – для учебных чертежей);
графа 5 – масса изделия в килограммах;
графа 6 – масштаб изображения;
графа 7 – наименование учебного заведения (УСК) и группы;
графа 8 – фамилии студента и преподавателя;
графа 9 – подписи студента и преподавателя;
графа 10 – дата подписания чертежа;
графа 11 – порядковый номер листа;
графа 12 – общее количество листов документа.

В графе с размерами 14×70 записывают то же обозначение чертежа, что и в графе 2, только повернутое на 180° для горизонтальных форматов и форматов А4, и на 90° для вертикальных форматов.

1.2 Масштабы (ГОСТ 2.302 – 68*)

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

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

Согласно ГОСТ 2.302 -68* установлены следующие масштабы:

натуральная величина – 1:1;

масштабы уменьшения – 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;

масштабы увеличения – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

При проектировании генеральных планов крупных объектов допускается применение масштабов 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

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

Масштаб, указываемый в графе, имеющей заголовок «Масштаб» (в основной надписи, в таблицах), обозначают по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т. д.

Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают в скобках (без буквы М) рядом с обозначением изображения.

Например: А (2:1); Б – Б (2:1).

1.3 Линии (ГОСТ 2.303 – 68*)

ГОСТ 2.303 - 68* устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства (таблица 1.2)


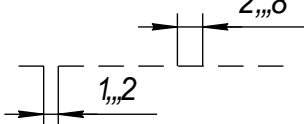
Толщина сплошной толстой основной линии S должна быть $0,5...1,4$ мм, в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Выбранные толщины линий должны быть одинаковыми для всех изображений на данном чертеже.

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

Штрихи штрих-пунктирной линии должны быть одинаковой длины. Одинаковыми оставляют и промежутки между штрихами. Штрих-пунктирные линии заканчивают штрихами. Центр окружности во всех случаях определяется пересечением штрихов.

Линии чертежа

Табл.1.2

№ п/п	Наименование и начертание	Толщина линий по отношению к основной линии	Основное назначение
1.	Сплошная толстая основная (в дальнейшем основная)	$S(0,5...1,4)$	Линии видимого контура; линии перехода видимые; линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2.	Сплошная тонкая 	$S/3...S/2$ ($0,4...0,7$)	Линии контура наложенного сечения; линии размерные, выносные; линии штриховки; линии-выноски, полки линий выносок; линии перехода воображаемые; линии для изображения пограничных деталей (обстановка);
3.	Сплошная волнистая	$S/3...S/2$	Линии обрыва; линии разграничения вида и разреза.
4.	Штриховая 	$S/3...S/2$	Линии невидимого контура; линии перехода невидимого контура.
5.	Штрих-пунктирная тонкая	$S/3...S/2$	Линии осевые и центровые; линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений.

6.	Разомкнутая 	S...1,5S	Линии сечения
7.	Штрих-пунктирная тонкая с двумя точками 	S/3...S/2	Линии сгиба на развертках; линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях; линии для изображения развертки, совмещенной с видом.
8.	Сплошная тонкая с изломами 	S/3...S/2	Длинные линии обрыва
9.	Штрих-пунктирная утолщенная 	S/2...2/3S	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию; линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)

На рисунке 3 показан пример применения различных типов линий.

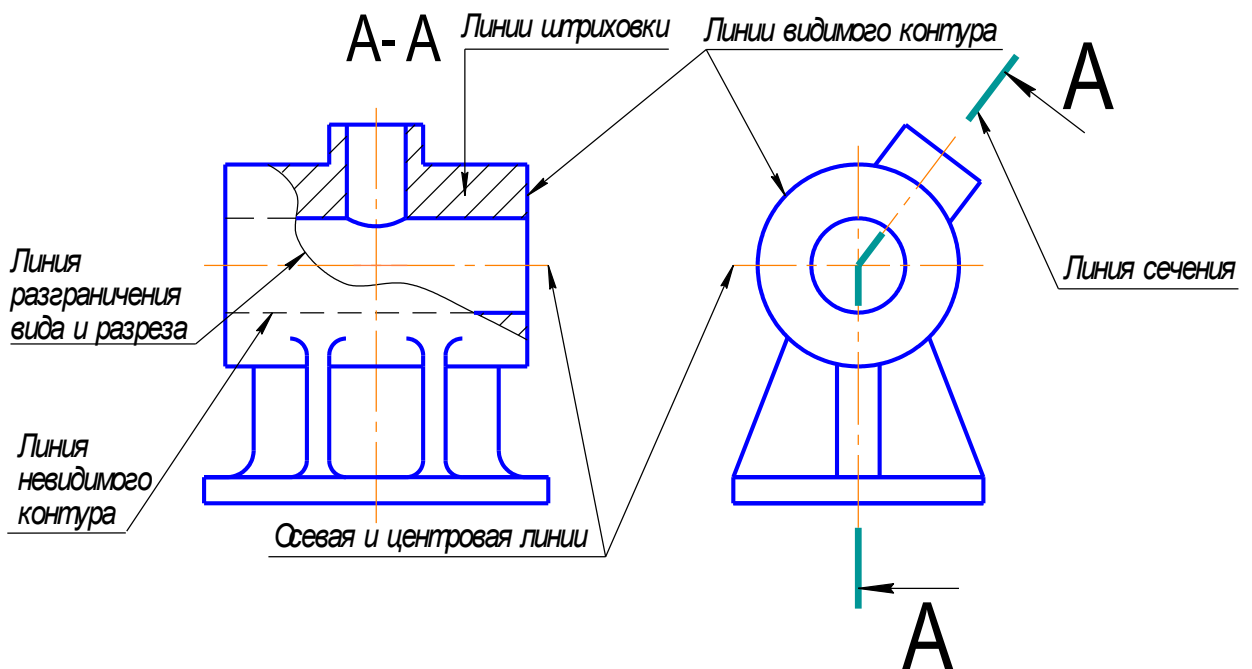


Рис.3.

1.4 Шрифты чертежные (ГОСТ 2.304 – 81*)

Все надписи на чертежах следует выполнять шрифтами, установленными ГОСТ 2.304 – 81* «Шрифты чертежные».

Шрифты различают по типам и размерам.

Размер шрифта h определяется высотой прописных (заглавных) букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки. Установлены следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Применение шрифта размером 1,8 не рекомендуется.

Стандартом установлены два типа шрифта: А и Б. Тип шрифта определяет кратность толщины d линии букв размеру шрифта: для типа А: $d=(1/14)h$, для типа Б: $d=(1/10)h$. Шрифты могут быть выполнены без наклона или с наклоном около 75 градусов к основанию строки.

Параметры шрифта

Толщина линии шрифта d определяется в зависимости от типа и высоты шрифта.

Ширина g буквы определяется по отношению к размеру шрифта h , например: $g=(6/10)h$, или по отношению к толщине линии шрифта d , например: $g=6d$. Шрифты в ГОСТ 2.304 – 81* выполнены по вспомогательной сетке, образованной вспомогательными линиями, в которую вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта d . Параметры шрифтов типа Б (до размера 20) приведены в таблице 1.3.

Табл.1.3

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм						
			2,5	3,5	5	7	10	14	20
Размер шрифта-высота прописных букв	h	$10/10h$	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Высота строчных букв		$7/10h$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
Расстояние между буквами		$2/10h$	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Минимальный шаг строк		$17/10h$	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Минимальное расстояние между словами		$6/10h$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Толщина линий шрифта		$1/10h$	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Ширина прописных: букв: Г,Е,З,С; А,Д,М,Х,Ц,Ы,Ю; Ж,Ф,Ш,Ъ;		$5/10h$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10
		$7/10h$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
		$8/10h$	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16

Щ;		9/10h	2,2	3,2	4,5	6,3	9	12,6	18
Б,В,И,К,Л,Н,О,П,Р,Т,У,Ч,Ь,Э,Я		6/10h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Ширина строчных букв:									
э,с		4/10h	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8
а,м,ц,ь,ы,ю		6/10h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
ж,т,ф,ш		7/10h	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
щ		8/10h	2	2,8	4	5,6	8	11,2	16
б,в,г,д,е,и,к,л,н,о,п,р,у,х,ч,ь,э,я		5/10h	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10
Ширина цифр:									
1		3/10h	0,7	1,1	1,5	2,1	3	4,2	6
4		6/10h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
2,3,5,6,7,8,9,0		5/10h	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10

Построение шрифта на вспомогательной сетке показано на рис.4.



Рис. 4.

1.5. Нанесение размеров (ГОСТ 2.307-68)

Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже.

Правила нанесения размеров на чертежах и других технических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства установлены ГОСТ 2.307 – 68. Размеры – это очень важная часть чертежа. Пропуск или ошибка хотя бы в одном из размеров делают чертеж непригодным к использованию.

Поэтому простановка размеров – одна из наиболее ответственных стадий при изготовлении чертежа.

При выполнении первых учебных чертежей студенту нужно знать основные правила нанесения размеров на чертежах.

Основные правила нанесения размеров

1. Различают размеры рабочие (исполнительные), каждый из которых используют при изготовлении изделия и его приемке (контроле), и справочные, указываемые только для большего удобства пользования чертежом. Справочные размеры отмечают знаком «*», а в технических требованиях, располагаемых над основной надписью, записывают: «* Размер для справок»

2. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях. Размеры изделия всегда наносят действительные, независимо от масштаба изображения.

3. Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения, угловые – в градусах, минутах и секундах, например: 4° ; $10^\circ 30' 24''$.

4. Для нанесения размеров на чертежах используют размерные линии, ограничиваемые с одного или обоих концов стрелками или засечками.

5. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями – 7 мм, а между размерной и линией контура – 10 мм (рис. 5). Необходимо избегать пересечения размерных линий между собой и выносными линиями. Выносные линии должны выходить за концы стрелок или засечек на 1...5 мм.

6. Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий (рис. 6).

7. При большом количестве параллельных или концентрических размерных линий числа смещают относительно середины в шахматном порядке (рис. 7).

8. Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 8. Если необходимо

указать размер в заштрихованной зоне, то размерное число наносят на полке линии – выноски.

Для учебных чертежей высота размерных чисел рекомендуется 3,5 мм или 5мм, расстояние между цифрами и размерной линией – 0,5...1 мм.

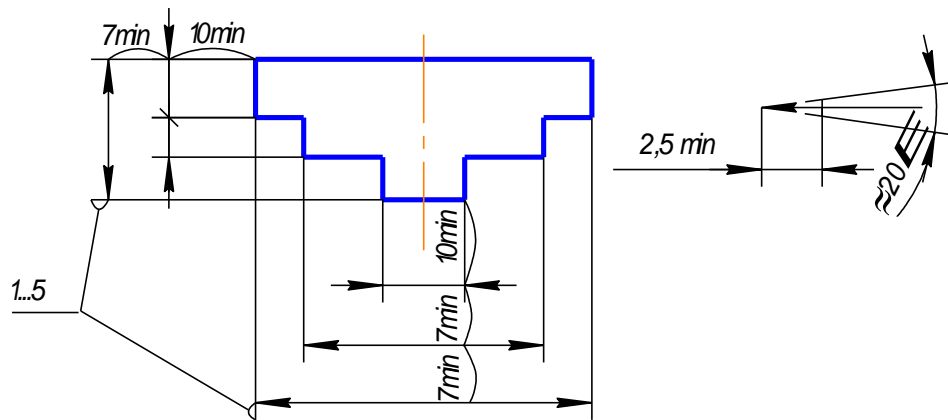


Рис.5.

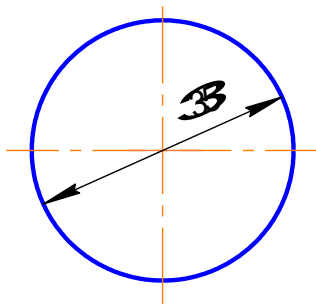


Рис.6.

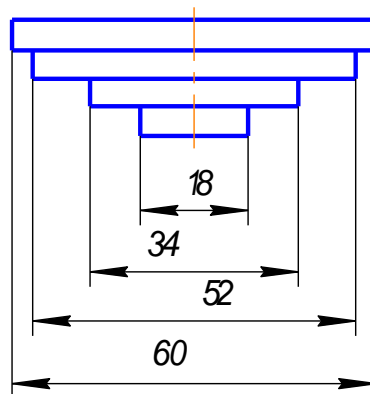


Рис.7.

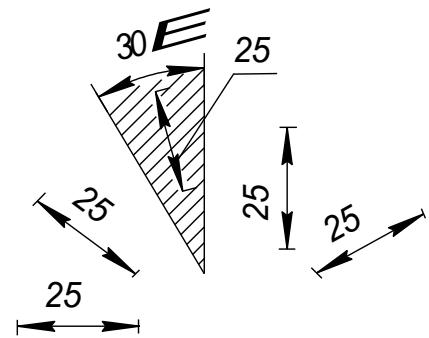


Рис.8.

9. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки заменяют засечками, наносимыми под углом 45 градусов к размерным линиям или точками, но снаружи проставляют стрелки (рис. 9).

10. При недостатке места для стрелки из – за близко расположенной контурной линии последнюю можно прерывать (рис.10).

12. Угловые размеры наносят так, как показано на рис. 11. Для углов малых размеров размерные числа помещают на полках линий – выносок в любой зоне.

13. Размерные линии можно проводить с обрывом и при указании размера диаметров окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично, при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (рис. 12)

14. При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рис. 13)

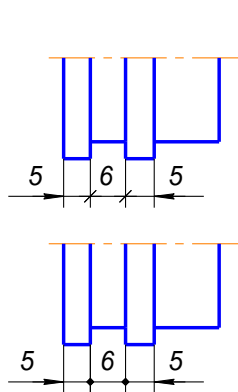


Рис.9.

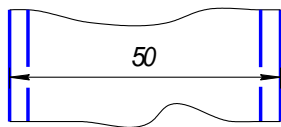


рис.10.

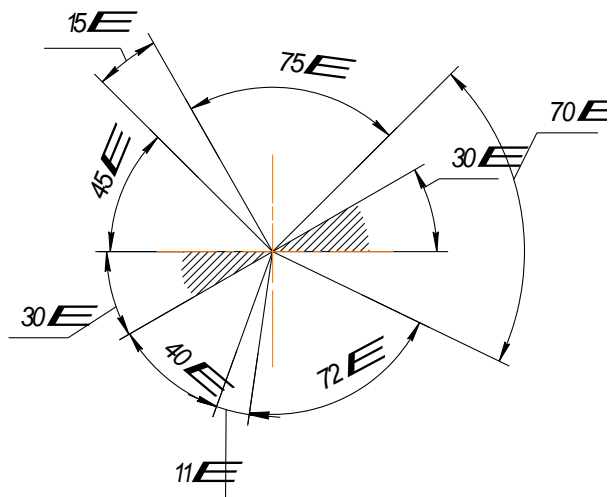


Рис.11.

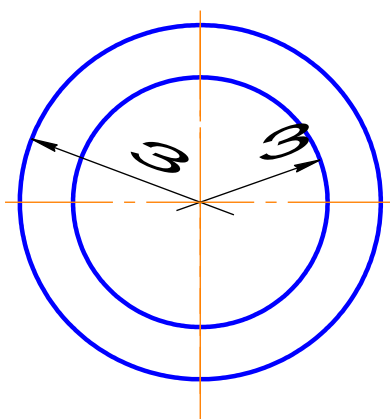


Рис.12

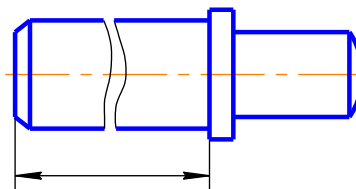


Рис.13.

15. Размеры радиусов наружных и внутренних скруглений наносят, как показано на рис. 14. Способ нанесения определяет обстановка. Скругления, для которых задают размер, должны быть изображены. Скругления с размером радиуса (на чертеже), менее 1 мм не изображают.

16. В случаях, если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, наносят слово «Сфера» или знак \circ (рис.15). Диаметр знака сферы \circ равен размеру размерных чисел на чертеже.

17. Размер квадрата \square наносят, как показано на рис. 16. Высота знака равна высоте размерных чисел на чертеже.

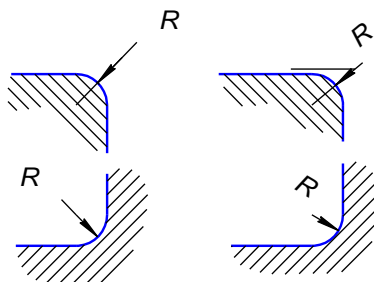


Рис.14

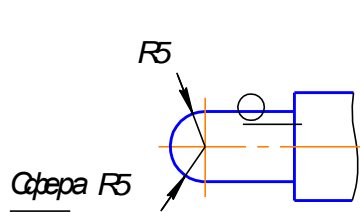


Рис. 15

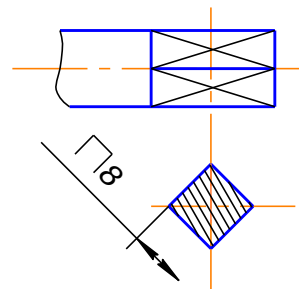


Рис.16

18. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения, располагая по возможности внутренние и наружные размеры по разные стороны изображения (рис. 17). Однако размеры можно нанести внутри контура изображения, если ясность чертежа от этого не пострадает.

25. При нанесении размера диаметра окружности знак \varnothing является дополнительным средством для пояснения формы предмета или его элементов, представляющих собой поверхность вращения. Этот знак проставляется перед размерным числом диаметра во всех случаях (рис.17).

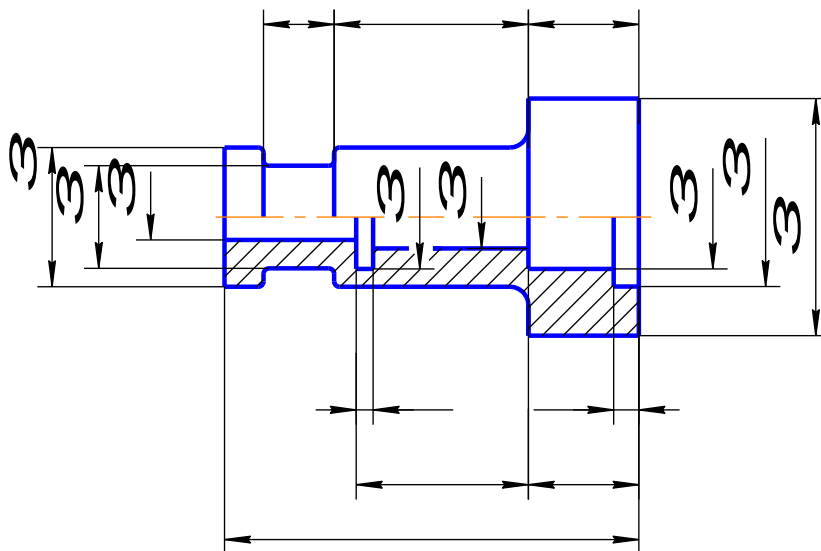


Рис.17

Последовательность нанесения размеров.

Размеры ставятся в следующей последовательности:

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

Контрольные вопросы

1. Что называют масштабом?
2. Как обозначают на чертежах масштаб изображения?
3. Что определяет формат листа чертежа?
4. Какие форматы листов установлены для чертежей?
5. Какая форма основной надписи установлена для чертежей и схем?
6. Где располагают на чертеже основную надпись и дополнительную графу?
7. Какая линия на чертежах является основной?

Графическая работа №1

ТЕМА 2. Шрифты чертежные (ГОСТ 2.304 – 81*)

Содержание: Выполнить титульный лист на формате А4 Для выполнения задания рекомендуется пользоваться шрифтом типа *Б* с наклоном №7. Наклон шрифта около 75°.

Цель задания:

Освоение приемов выполнения надписей стандартным чертежным шрифтом
 Размер шрифта *h*- величина определенная высотой прописных букв в миллиметрах. Тип определяется параметрами шрифта: расстояниями между буквами, минимальный шаг строк, минимальное расстояние между словами и толщина линий шрифта.

Таблица 1 - Параметры шрифта и числовые значения ширины букв и цифр для типа *Б* с наклоном №7

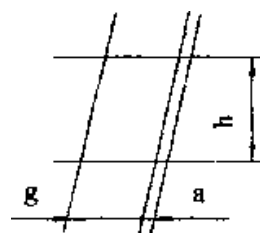
Параметры шрифта	Обозначение	Соотношение размеров	Размеры, мм
Высота прописных букв Высота строчных букв	h	(10/10)h	7,0
Высота строчных букв	c	(7/10)h	5,0
Расстояние между буквами	a	(2/10)h	1,4
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	(17/10)h	12,0
Минимальное расстояние между словами	e	(6/10)h	4,2
Толщина линий шрифта	d	(1/10)h	0,7
Высота букв (цифр)			
Прописные		(6/10)h	4,2
Ширина букв и цифр, кроме А, Г, Д, Е, Ж, М, С, Ф, Х, Ц, Ш, Щ, Ы, Ю и цифр 1			
Ширина букв А, М, Х, Ы, Ю		(7/10)h	4,9
Ширина букв Г, Д, Е, С		(5/10)h	3,5
Ширина букв Ж, Ш, Щ, Ф		(8/10)h	5,6
Ширина 1		(3/10)h	2,1

При выполнении данного задания пользуются упрощенной сеткой.

h – высота буквы

g – ширина буквы, цифры

a – расстояние между буквами



2. Геометрические построения

2.1. Уклон

Уклон – это тангенс угла наклона одной прямой к другой (рис.18). Возьмем произвольный масштабный отрезок (a). Построим прямоугольный треугольник

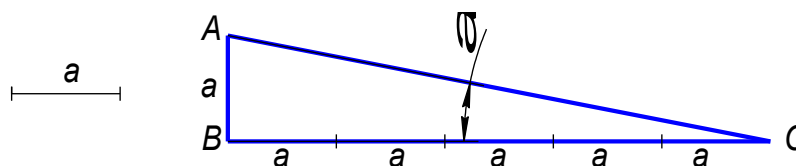


Рис.18

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{BC} = 15:75 = 20\%$$

На чертеже уклон задают или в процентах (рис.19) или отношением чисел (рис.20). Уклон 1:5 означает, что на пять единиц длины мы имеем одну единицу высоты. Т.е. прямая AC имеет уклон к BC 20% или 1:5.

На чертежах уклоны обозначаются специальным знаком, см. ГОСТ 2.304-81. Острый угол знака уклона должен быть направлен в сторону снижения высоты, одна сторона угла параллельна полке линии-выноски.

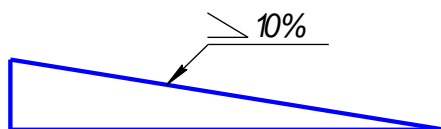


Рис.19

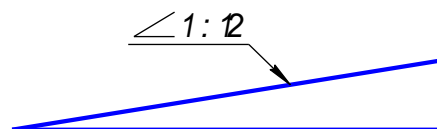


Рис.20

Уклон используется, например, при изготовлении фасонного проката: швеллеров, двутавров, тавровых профилей и т.п.

2.2. Конусность

Конусность – это отношение разности диаметров двух поперечных сечений усеченного конуса к длине между ними (рис.21).

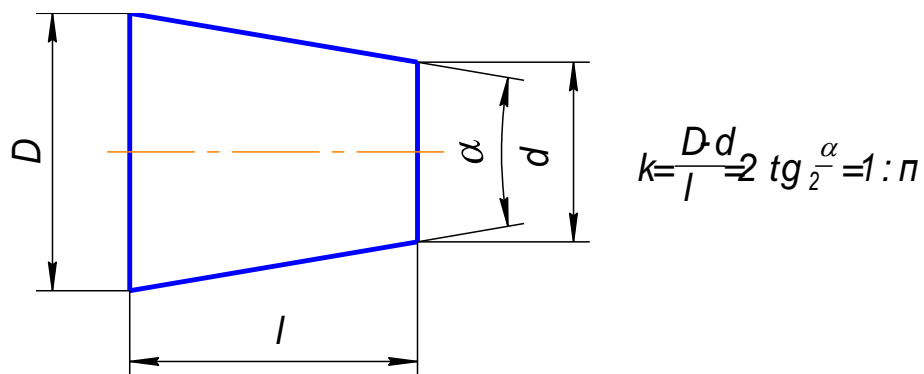


Рис.21

На чертеже конусность чаще всего выражается в процентах или соотношениях. Знак конусности острым углом направлен в сторону меньшего диаметра. Проставляют конусность или на полке линии-выноски (рис.22), или над осевой линией (рис.23).

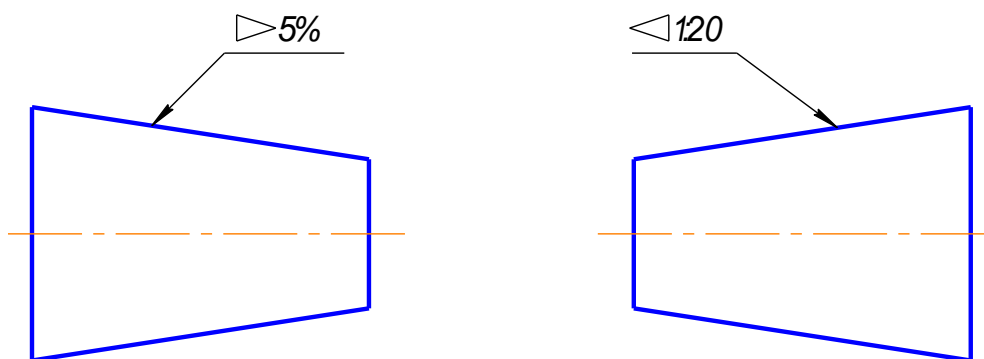


Рис.22

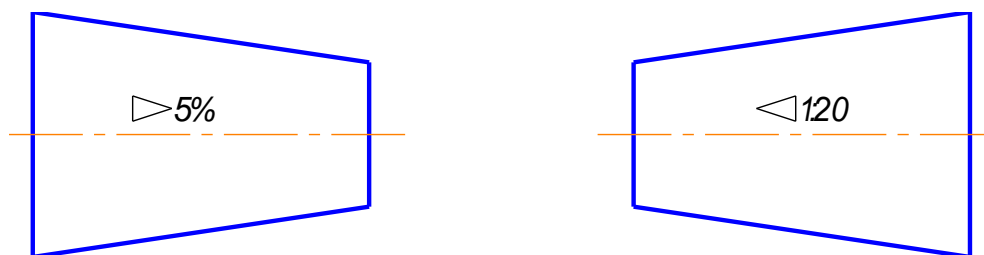


Рис.23

Конусности общего назначения стандартизованы. Их значение можно посмотреть в ГОСТ 8593-81.

Контрольные вопросы

1. Что называется уклоном и как определить величину уклона?
2. Что называется конусностью?

Графическая работа №2

ТЕМА 2. Уклон и конусность. (ГОСТ 2.307-68).

Содержание: На формате А3 построить чертеж профиля двутавровой балки или швеллера, выполнить вал по вариантам, проставить размеры, заполнить основную надпись.

Цель задания:

- изучить правила оформления чертежей по ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.302-68; ГОСТ 2.303-68
- изучить правила построения уклона и конусности в соответствии с п.2.40, 2.41 ГОСТ 2.307-68.
- изучить основные правила нанесения размеров на чертежах ГОСТ 2.307-68
- приобрести навыки геометрических построений

Варианты для выполнения задания «Уклон и конусность»

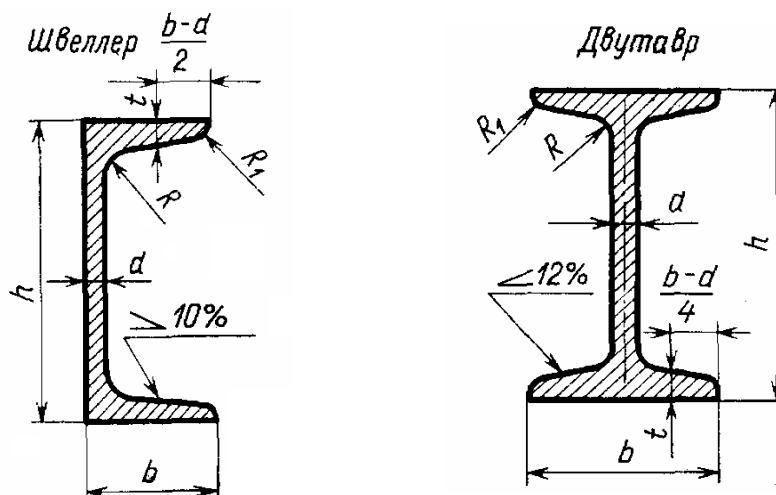


Таблица 1 – Варианты задания для выполнения чертежа швеллера

№ варианта	№ профиля	Размеры, мм					
		h	b	d	t	R	R ₁
1, 2, 3	10	100	42	4,5	7,6	6	3
4, 5, 6	12	120	52	4,8	7,8	7,5	3
7, 8, 9	14a	140	62	4,9	8,7	8	3
10, 11, 12	16a	160	68	5	9	8,5	3,5

Таблица 2 – Варианты задания для выполнения чертежа двутавровой балки

№ варианта	№ профиля	Размеры, мм					
		h	b	d	t	R	R ₁
13, 14, 15	10	100	55	4,5	7,2	7	2,5
16, 17, 18	12	120	64	4,8	7,3	7,5	3
19, 20, 21	14	140	73	4,9	7,5	8	3
22, 23, 24	16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5
25, 26, 27	18	180	90	5,1	8,1	9	3,5

Пример выполнения:

Уклон выполняется на двутавре или швеллере, в зависимости от варианта.

На чертежах уклоны обозначаются специальным знаком, см. ГОСТ 2.304-81. Острый угол знака уклона должен быть направлен в сторону снижения высоты, одна сторона угла параллельна полке линии-выноски.

Рассмотрим пример построения уклона внутренней грани нижней полки швеллера:

1. По формуле $(b-d)/2$ находим точку А по длине основания, через которую пройдет заданный уклон (рис.24).

2. На свободном поле чертежа строим уклон 10% ($1:10 = 10:100$ или $50:500$) и через точку А проводим прямую, параллельную линии уклона (рис.25).

Выбираем масштабный отрезок равный 50 мм, при уклоне 12% равный 60мм.

3. Дуга радиуса R3 и R8 – это сопряжение между линией уклона и вертикальной прямой. Строим по правилам построения сопряжения между прямыми (рис.26).

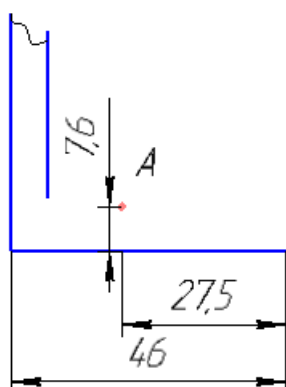


Рис. 24.

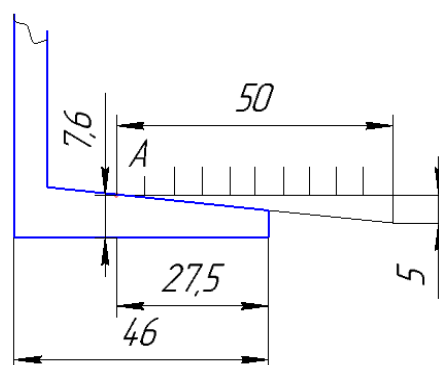


Рисунок 25.

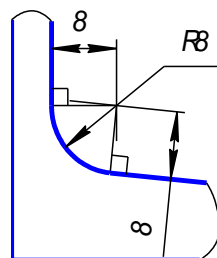
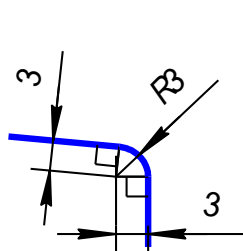


Рисунок 26.

4. Аналогично строим верхнюю полку швеллера.

5. Если высота стойки швеллера очень большая по сравнению с длиной полки, и стойка имеет постоянное сечение, то можно сделать разрыв, как показано на рисунке 27.

6. Проставляем размеры.

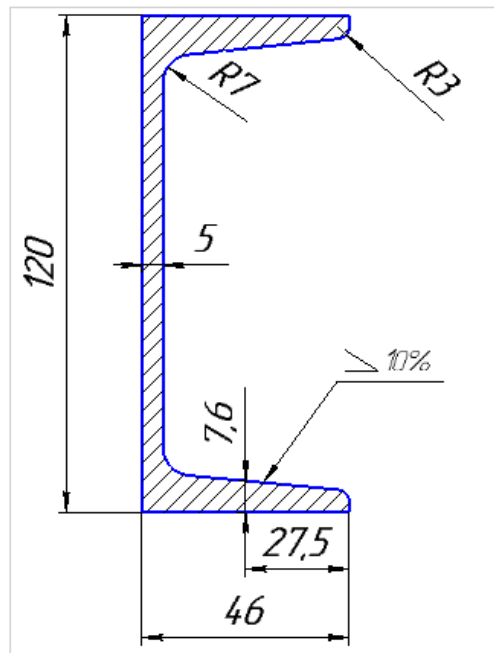


Рис. 27

Задания для выполнения чертежа Вал:

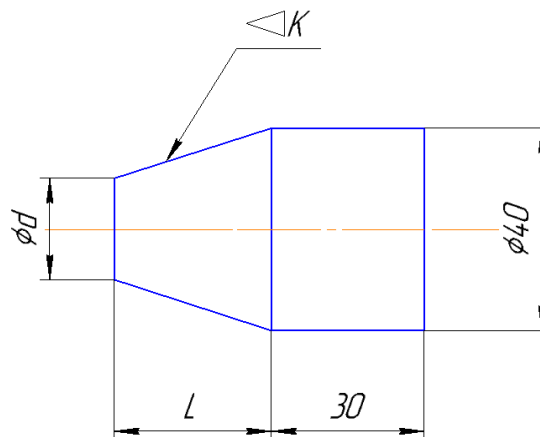


Таблица 4 – Варианты задания для выполнения чертежа вала с конусностью

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d-диаметр	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Конусность	K=1:2									

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L-длина	20	25	30	35	40	45	50	55	60	75
Конусность	K=1:5									

Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L-длина	20	24	30	34	40	44	50	54	60	64
Конусность	K=1:2									

Пример выполнение вала (рис.28).

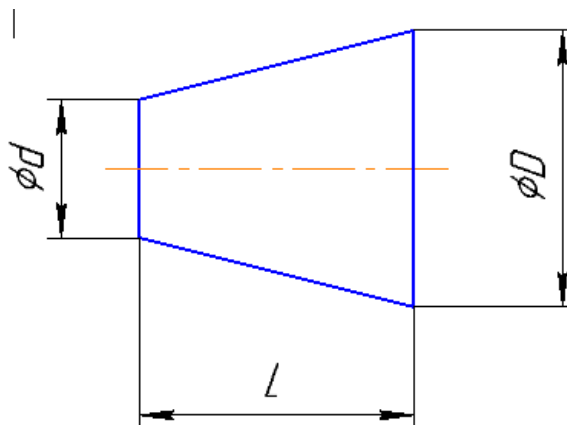


Рис.28.

$$K = (D-d) / L = 2 \operatorname{tg} \alpha$$

Допустим. $D = 40$, $d = 6$, $L = x$, при $K=1:2$.

Подставляем в формулу:

$$K = (40-6) / x = 1:2$$

$$K = 34 / x = 1:2, \text{ отсюда следует, что } x = 34 \cdot 2 / 1 = 68$$

Подставляем значение $L = 68$ на чертеже.

В задании нужно построить конусность по размерам и вместо букв поставить числовое значение, полученное при расчете по формуле. Проставить размеры (рис.29).

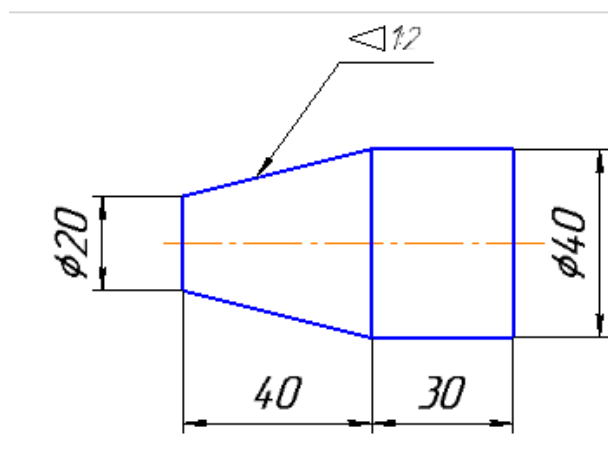
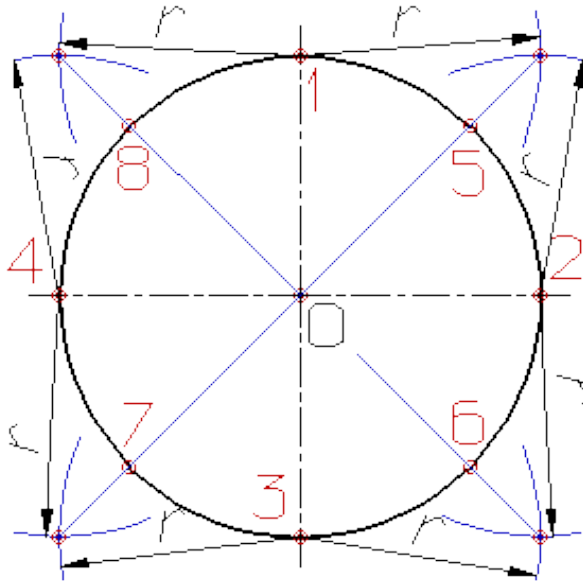


Рис. 29

Пример выполнения темы «Уклон и конусность»

ТЕМА 3. ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ. ЭЛЛИПС

Деление окружности на четыре и восемь равных частей

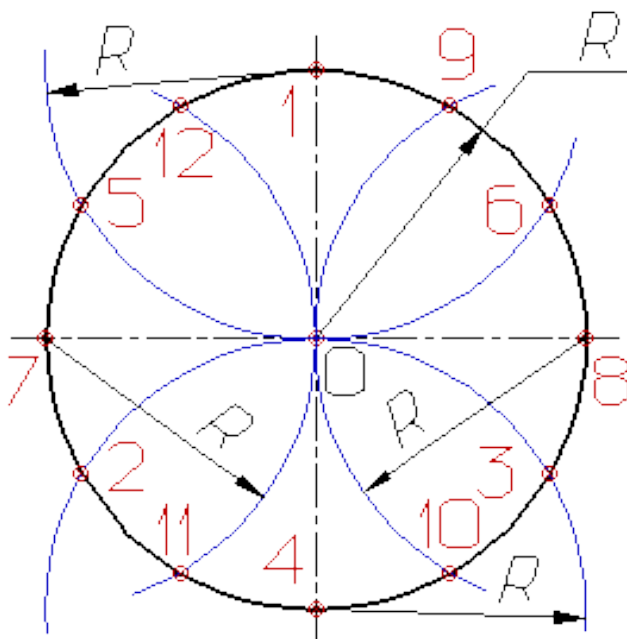


Деление окружности на четыре и восемь равных частей производится в следующей последовательности:

1. Проводят две перпендикулярные оси, которые пересекая окружность в точках 1,2,3,4 делят ее на четыре равные части;

2. Применяя известный прием деления прямого угла на две равные части при помощи циркуля или угольника строят биссектрисы прямых углов, которые пересекаясь с окружностью в точках 5, 6, 7, и 8 делят каждую четвертую часть окружности пополам.

Деление окружности на три, шесть и двенадцать равных частей



Деление окружности на три, шесть и двенадцать равных частей выполняется в следующей последовательности:

1. Выбираем в качестве точки 1, точку пересечения осевой линии с окружностью

2. Из точки 4 пересечения осевой линии с окружностью проводим дугу радиусом равным радиусу окружности R до пересечения с окружностью в точках 2 и 3;

3. Точки 1, 2 и 3 делят окружность на три равные части;

4. Из точки 1 пересечения осевой линии с окружностью проводим дугу радиусом равным радиусу окружности R до пересечения с окружностью в точках 5 и 6;

5. Точки 1 - 6 делят окружность на шесть равных частей;

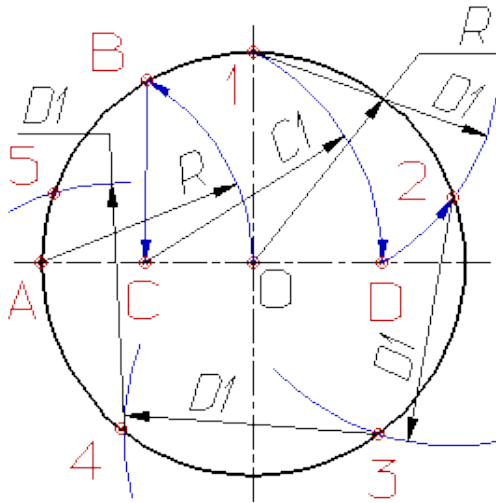
6. Дуги радиусом R , проведенные из точек 7 и 8 пересекут окружность в точках 9, 10, 11 и 12;

7. Точки 1 - 12 делят окружность на двенадцать равных частей.

Деление окружности на пять равных частей

Деление окружности на пять равных частей выполняется в следующей последовательности:

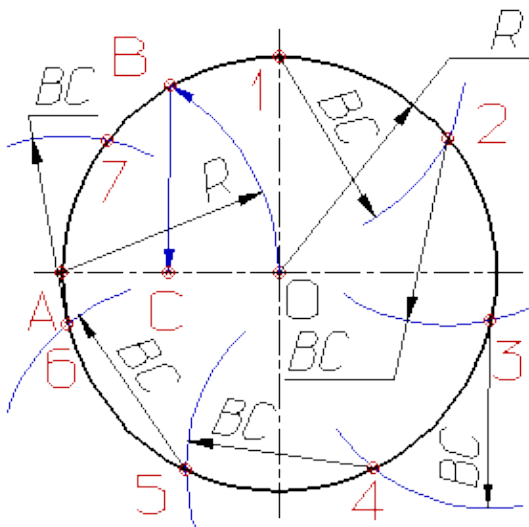
1. Из точки А радиусом, равным радиусу окружности R , проводим дугу, которая пересечет окружность в точке В;
2. Из точки В опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию;
3. Из основания перпендикуляра - точки С, радиусом равным $C1$, проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную осевую линию в точке D;
4. Из точки 1 радиусом равным $D1$, проводят дугу до пересечения с окружностью в точке 2, дуга 12 равна $1/5$ длины окружности;
5. Точки 3, 4 и 5 находят откладывая циркулем по данной окружности хорды, равные $D1$.



Деление окружности на семь равных частей

Деление окружности на семь равных частей выполняется в следующей последовательности:

1. Из точки А радиусом, равным радиусу окружности R , проводим дугу, которая пересечет окружность в точке В;
2. Из точки В опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию;
3. Длину перпендикуляра BC откладывают от точки 1 по окружности семь раз и получают искомые точки 1 - 7.



Деление окружности на любое количество равных частей

Таблица 1.

n	25	26	27	28	29	30
k	0,12533	0,12054	0,11609	0,11196	0,10812	0,10453
n	31	32	33	34	35	36
k	0,10117	0,09802	0,09506	0,09227	0,08964	0,08716

Для деления окружности на любое количество равных частей можно воспользоваться коэффициентами (см. таблицу 1.). Зная на какое число n следует разделить окружность, находят коэффициент k . При умножении коэффициента k на диаметр D этой окружности,

получают длину хорды, которую циркулем откладывают на заданной окружности n раз.

Графическая работа №3 и 4

ТЕМА 2. Деление окружности на равные части.

Содержание:

1. На формате А4 выполнить по вариантам эллипс. М 1:1 , проставить размеры, заполнить основную надпись.
2. На формате А4 вычертить по вариантам геометрическую фигуру, используя методы деления окружности. М 1:1 , проставить размеры, заполнить основную надпись, наименование детали указано на задании.

Цель задания:

- построение замкнутых кривых линий, состоящими из взаимносопрягающихся дуг окружностей различных диаметров;
- познакомить со способами деления окружности на равные части; развивать графические навыки;
- применять навыки деления окружностей при выполнении чертежей;
- изучить метод выполнения эллипса;
- применять навыки выполнения эллипса при выполнении чертежей.
- изучить основные правила нанесения размеров на чертежах ГОСТ 2. 307-68

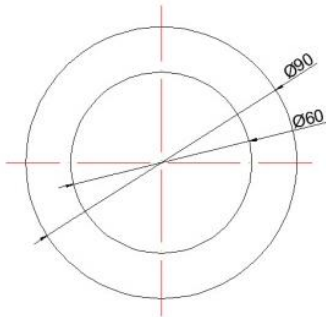
Варианты задания « Эллипс»

Вариант	Большая ось АВ	Малая ось CD	Вариант	Большая ось АВ	Малая ось CD
1	120	70	13	140	95
2	150	95	14	105	40
3	130	90	15	136	90
4	125	65	16	110	45
5	104	68	17	120	50
6	140	50	18	130	60
7	116	75	19	140	95
8	155	80	20	150	75
9	120	60	21	140	80
10	130	55	22	160	90
11	110	80	23	100	55
12	105	70	24,25	125	85

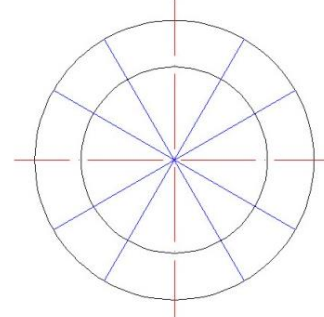
ПОСТРОЕНИЕ ЭЛЛИПСА

Для построения эллипса используем метод деления окружности на 12 частей.

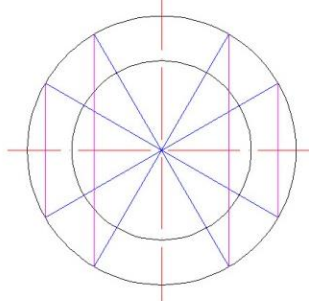
1.) В задании даны две окружности. Окружности проводятся из одного центра.



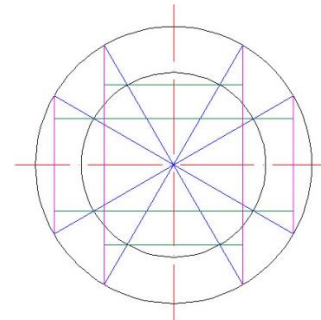
2.) Большая окружность делится на 12 частей. Проводятся четыре диагонали



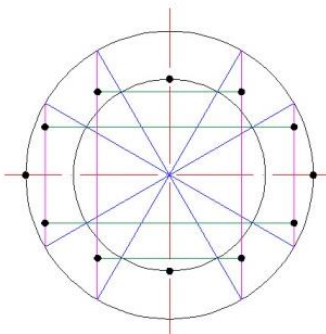
3.) Соединяем диагонали вспомогательными вертикальными линиями (сиреневый цвет).



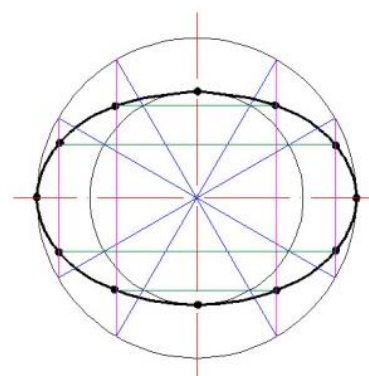
4.) Определяем, где диагонали пересекли малую окружность. И проводим горизонтальные вспомогательные линии (зеленый цвет) до пересечения с вертикальными линиями (сиреневый цвет).



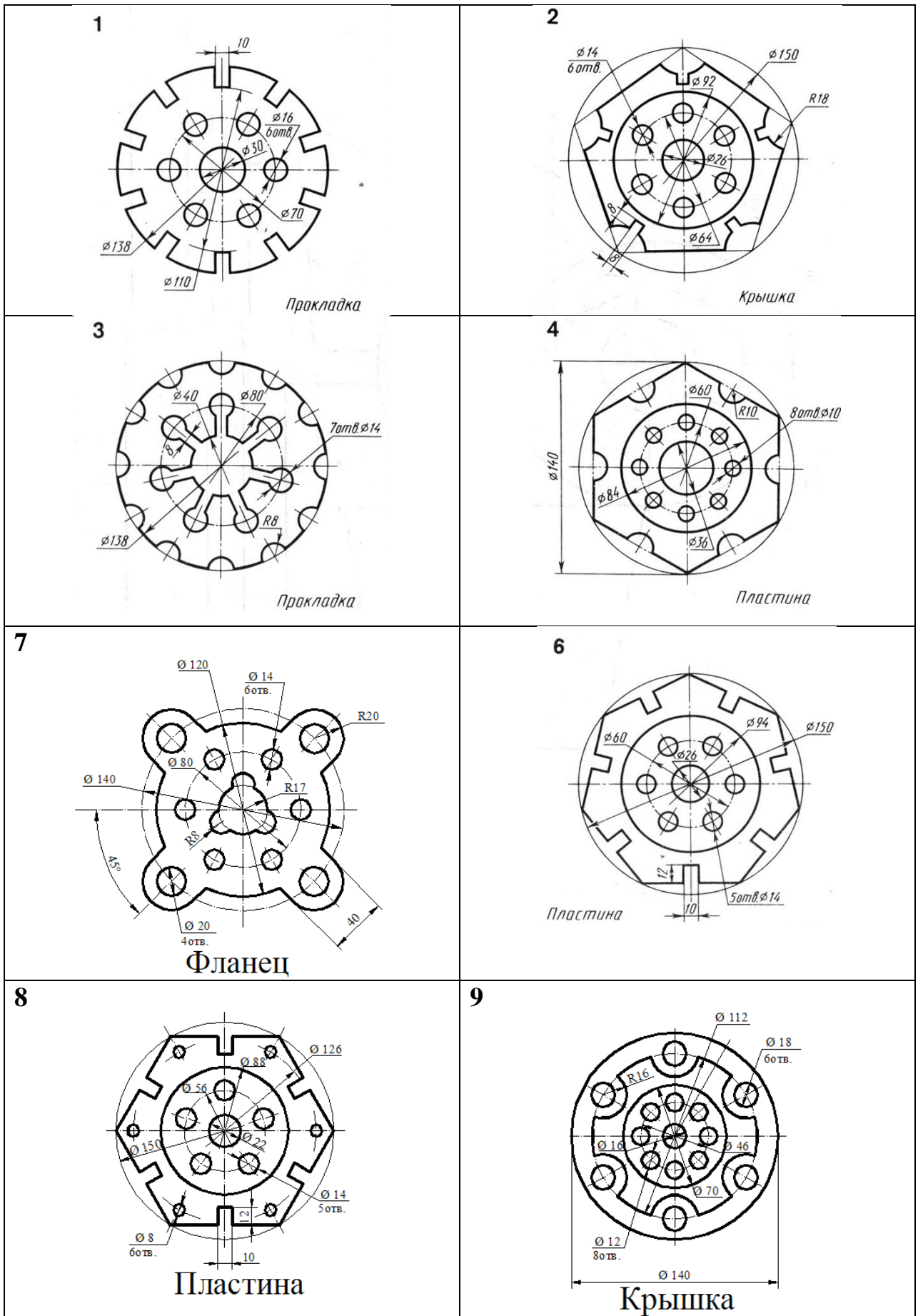
5.) Места пересечения вспомогательных линий обозначаются точками, (получаем 8 точек). Места пересечения большой и малой окружности с осевыми линиями дают готовые еще 4 точки. В итоге, для построения эллипса, имеем 12 точек.



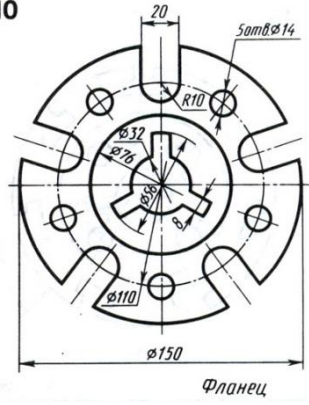
6.) Соединяем точки между собой плавной линией.



Варианты для выполнения задания «Деление окружности»

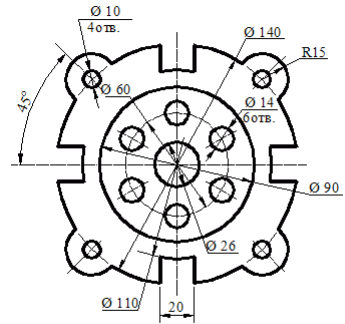


10



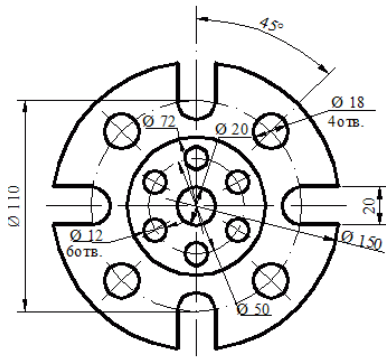
Фланец

11



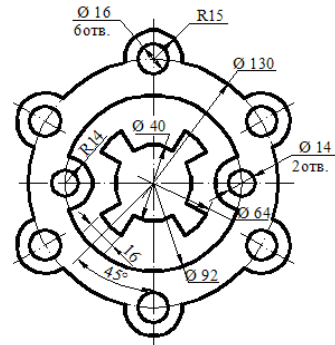
Крышка

12



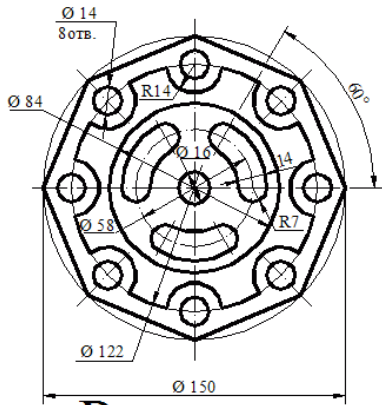
Фланец

13



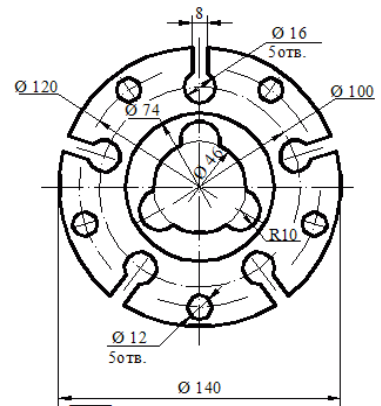
Крышка

14



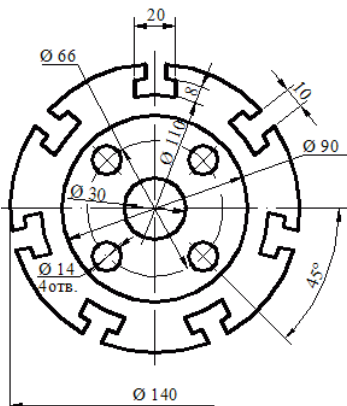
Решетка

15



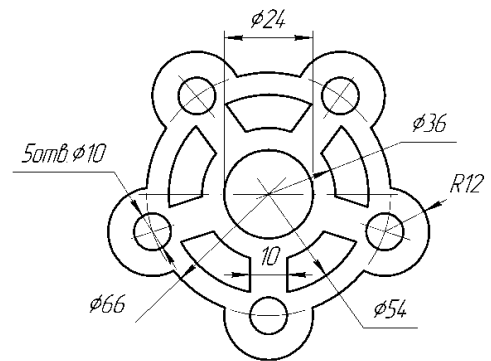
Прокладка

16



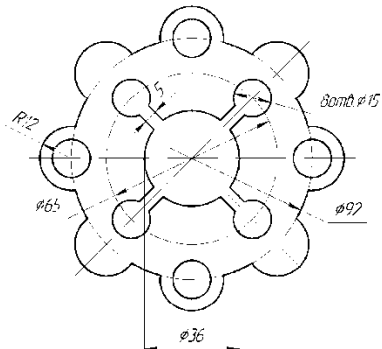
Пластина

17



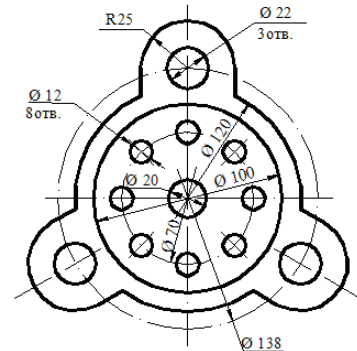
Прокладка

18



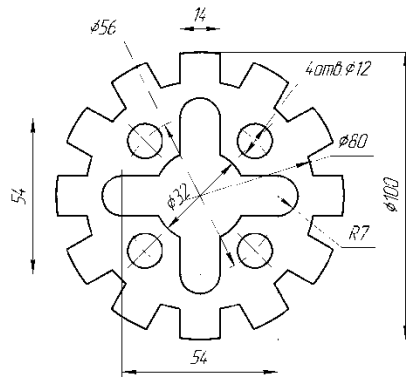
Решетка

19



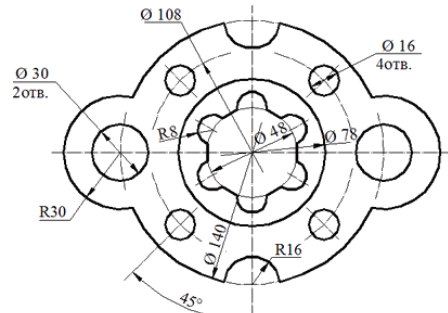
Фланец

20



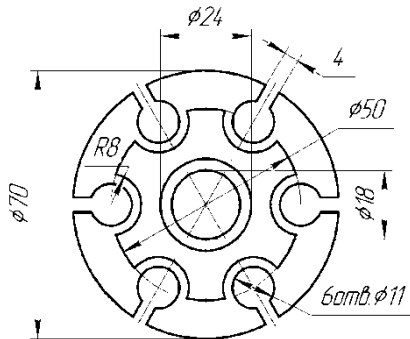
Крестовина

21



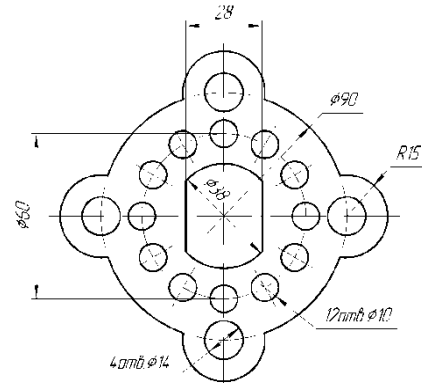
Крышка

22



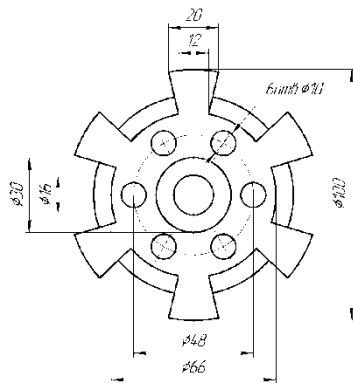
Цилиндр

23



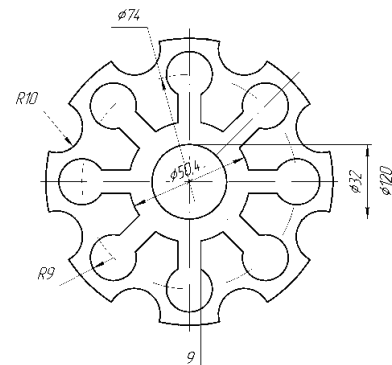
Сетка

24



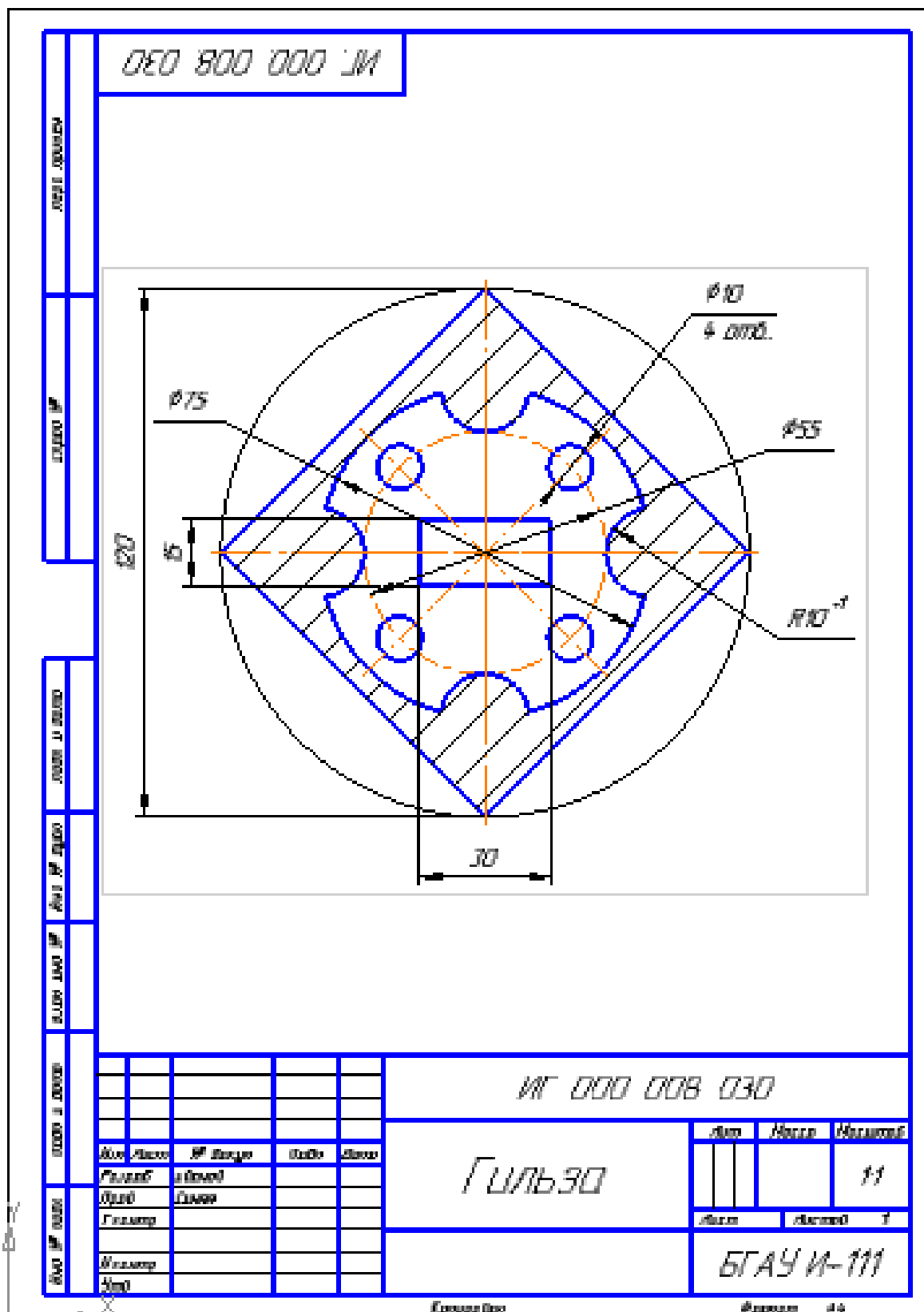
Пластина

25



Прокладка

Пример выполнения



4. Сопряжения

Сопряжением называется плавный переход от одной линии к другой.

Роль плавных переходов в очертаниях различных изделий техники огромна. Их обуславливают требования прочности, гидроаэродинамики, промышленной эстетики, технологии. Чаще всего сопряжения осуществляют с помощью дуги окружности.

Из всего многообразия сопряжений различных линий рассмотрим наиболее распространенные:

1. Сопряжение двух прямых линий.
2. Сопряжение прямой линии и окружности.
3. Сопряжение двух окружностей.

Дуги окружностей, при помощи которых выполняется сопряжение, называют дугами сопряжения.

Алгоритм построения

1. Найти центр сопряжения;
2. Найти точки сопряжения, в которых дуга сопряжения переходит в сопрягаемые линии.
3. Построить дуги сопряжения, значит соединить точки сопряжения заданным радиусом сопряжения.

4.1. Сопряжение пересекающихся прямых линий при помощи дуги заданного радиуса

Пример1. Сопряжение двух взаимно перпендикулярных прямых a и b дугой заданного радиуса R .

Даны две взаимно перпендикулярные прямые a и b . Задан радиус сопряжения R . (рис.30а)

Алгоритм построения

1. Находим центр сопряжения.

Проводим две прямые, параллельные a и b , на расстоянии, равном радиусу R . Эти прямые являются геометрическим местом центров окружностей радиуса R , касательных к данным прямым (рис.30б);

Точка O пересечения вспомогательных прямых – центр дуги сопряжения (рис.30 в).

2. Находим точки сопряжения.

Проводим перпендикуляры из центра дуги сопряжения к заданным прямым, получаем точки сопряжения A и B (рис.30 в).

3. Строим дугу сопряжения.

Радиусом R проводим дугу сопряжения между точками A и B (рис.30г).

На рисунках 30д и 30е показаны законченные построения сопряжения.

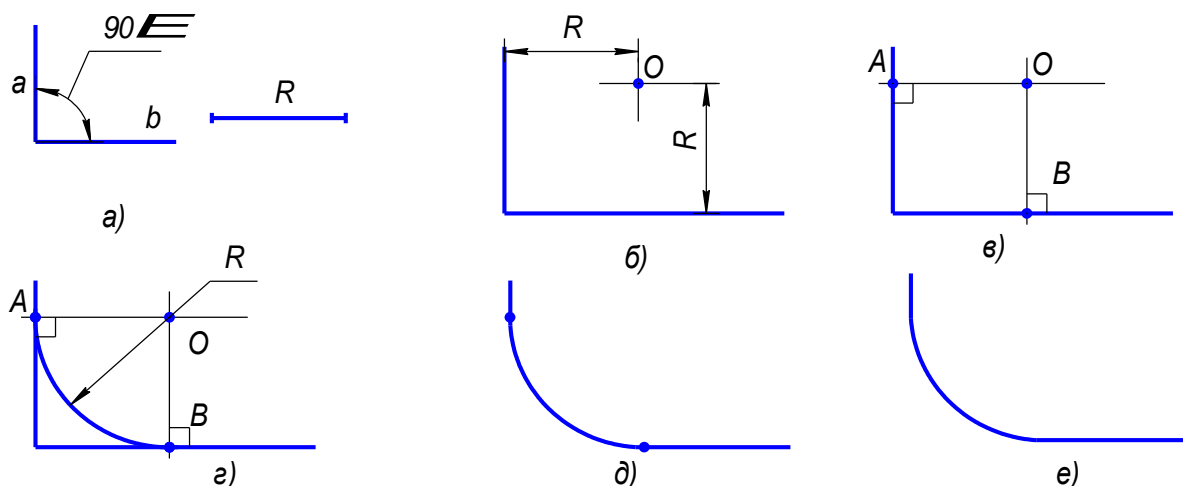


Рис.30.

Пример 2 (рис.31). **Пример 3** (рис.32)

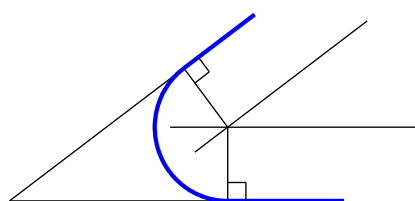


Рис.31

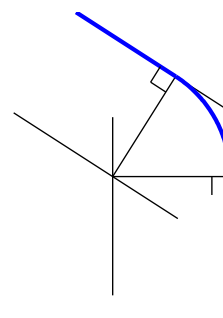


Рис.32

На данных примерах показано сопряжение двух прямых линий, расположенных под углом друг к другу. Последовательность построения этих примеров такая же, как в примере 1.

4.2. Построение сопряжения дуги и прямой линии. Радиус сопряжения задан

Построим сопряжение для случая, когда заданная окружность находится с внешней стороны сопрягающей дуги (внешнее сопряжение).

Алгоритм построения:

1. Находим центр сопряжения. На расстоянии, равном радиусу сопряжения, проводим геометрические места точек, равноудаленных от заданных прямой и окружности (рис. 33 б). Центр сопряжения – точка O .

2. Находим точки сопряжения A и B : опускаем перпендикуляр из точки O на заданную прямую и соединяем точку O с центром заданной окружности (рис. 33 в);
3. Строим дугу сопряжения: между точками сопряжения проводим сопрягающую дугу заданного радиуса R (рис.33е).
Законченные построения показаны на рис. 33д.

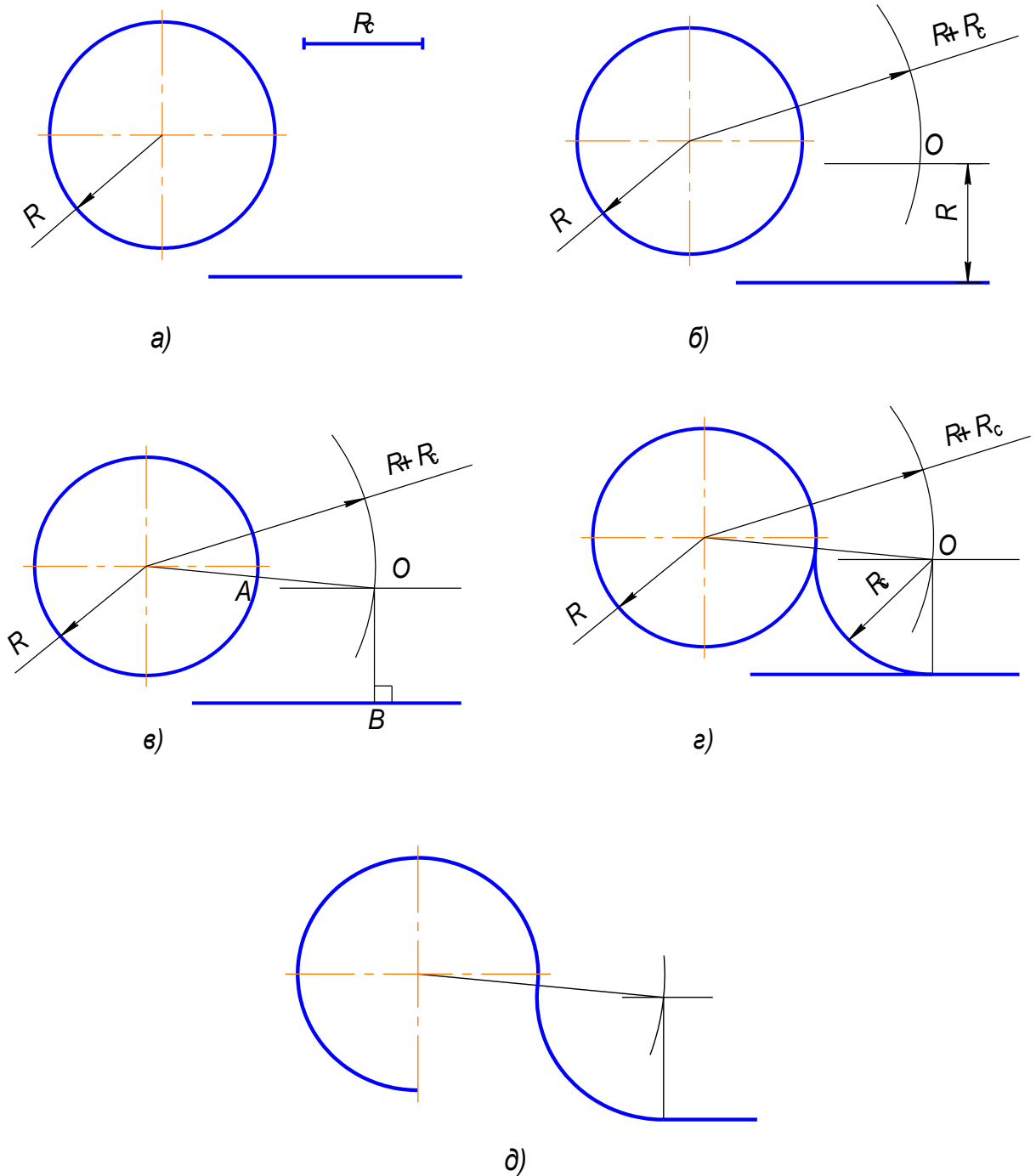


Рис. 33

На рисунке 34 показано построение сопряжения между дугой окружности и прямой линии в случае, когда заданная окружность находится внутри сопрягающей дуги (внутреннее сопряжение).

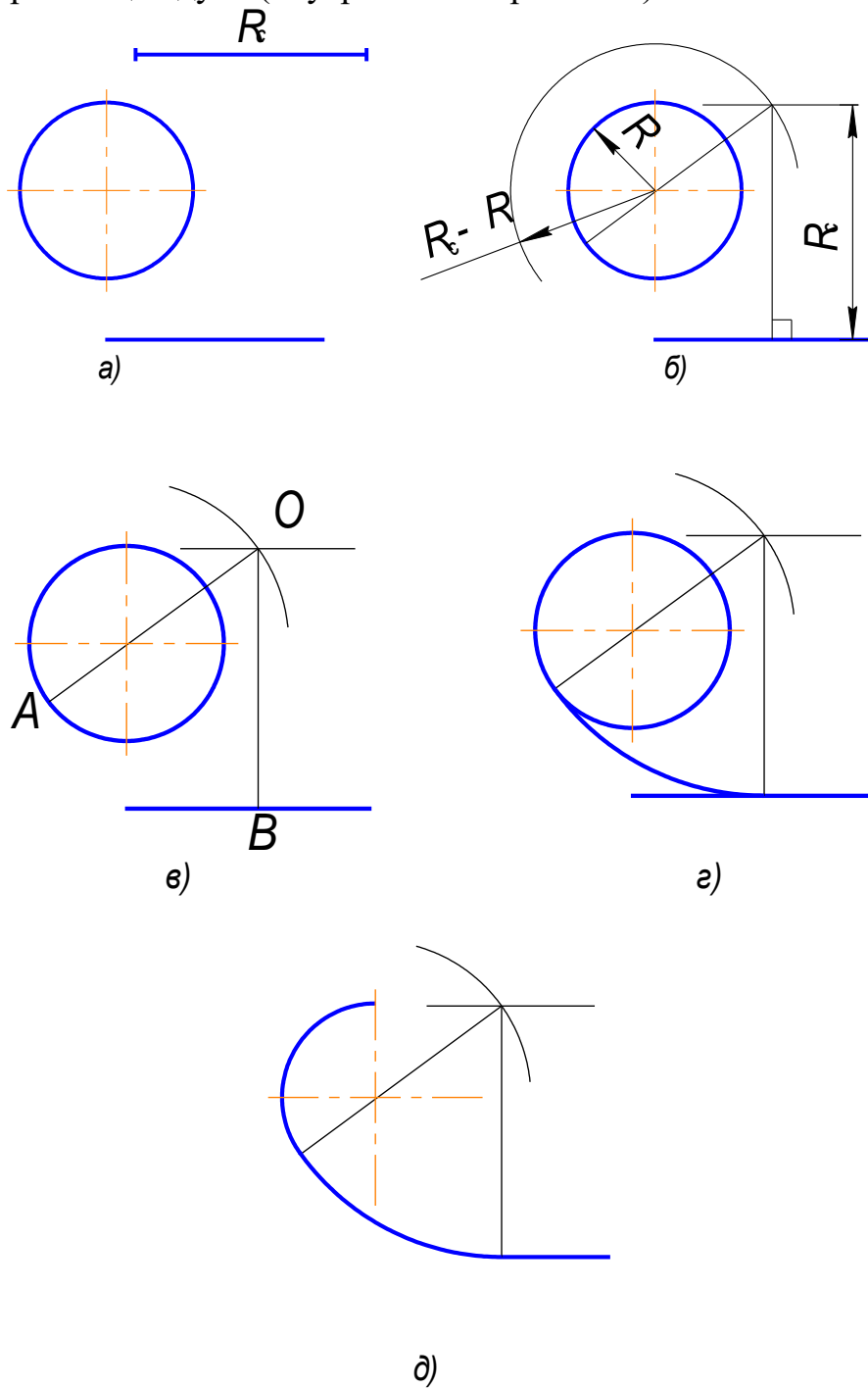
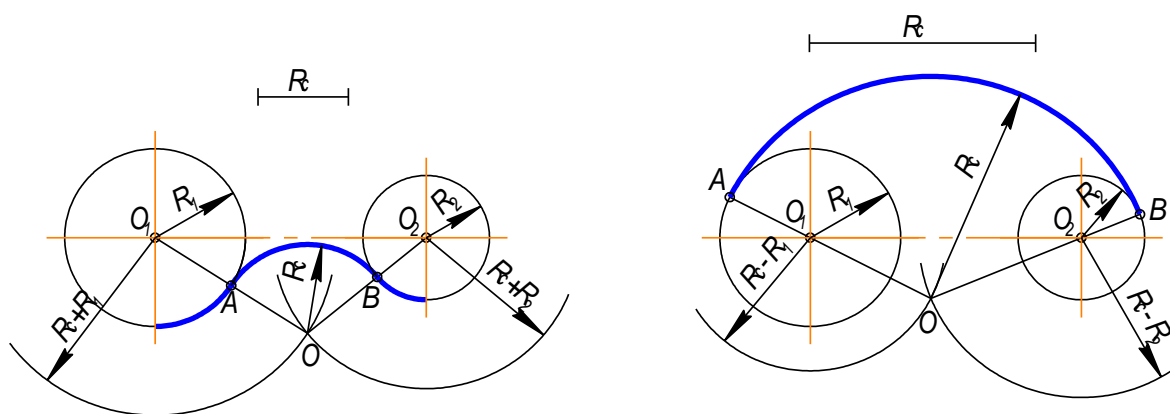


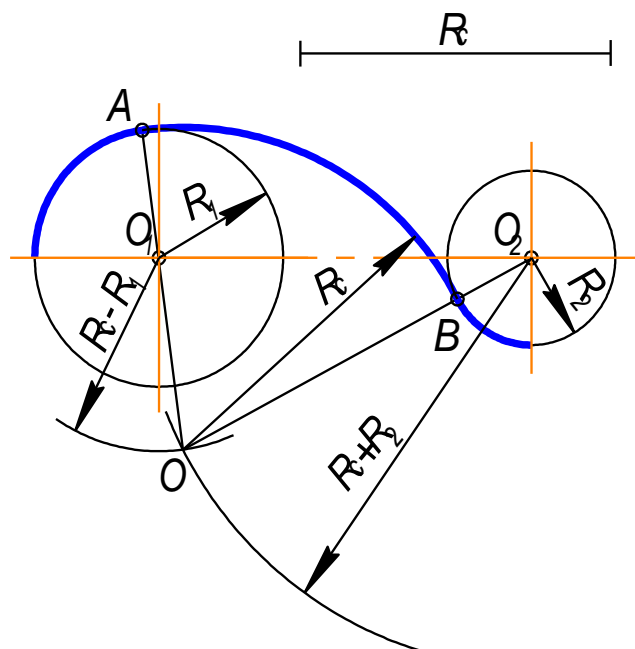
Рис. 34

4.3. Построение сопряжения двух дуг



а) внешнее сопряжение

б) внутреннее сопряжение



в) смешанное сопряжение

Рис.35

Параметры сопряжения:

1. O_1, O_2 – центры сопрягаемых дуг;
2. R_c – радиус сопряжения (как правило, задан)
3. O – центр сопряжения;
4. OO_1, OO_2 – прямые, соединяющие центр сопряжения с центрами сопрягаемых дуг;
5. Точки A и B – точки сопряжения.

Пример 1. Заданные окружности находятся с внешней стороны сопрягающей дуги (внешнее сопряжение) (рис.35 а).

Алгоритм построения:

1. Найти центр сопряжения O (рис. 36б). Для этого из O_1 и O_2 сделать засечки суммами радиусов: $R_c + R_1$ и $R_c + R_2$;
2. Найти точки сопряжения A и B (рис.36в). Соединить точку O с O_1 и O_2 : OO_1 ; OO_2 . На пересечении этих линий и сопрягаемых дуг отметить точки A и B .
3. Построить дуги сопряжения, т.е. радиусом R_c соединить точки A и B (рис.36г).

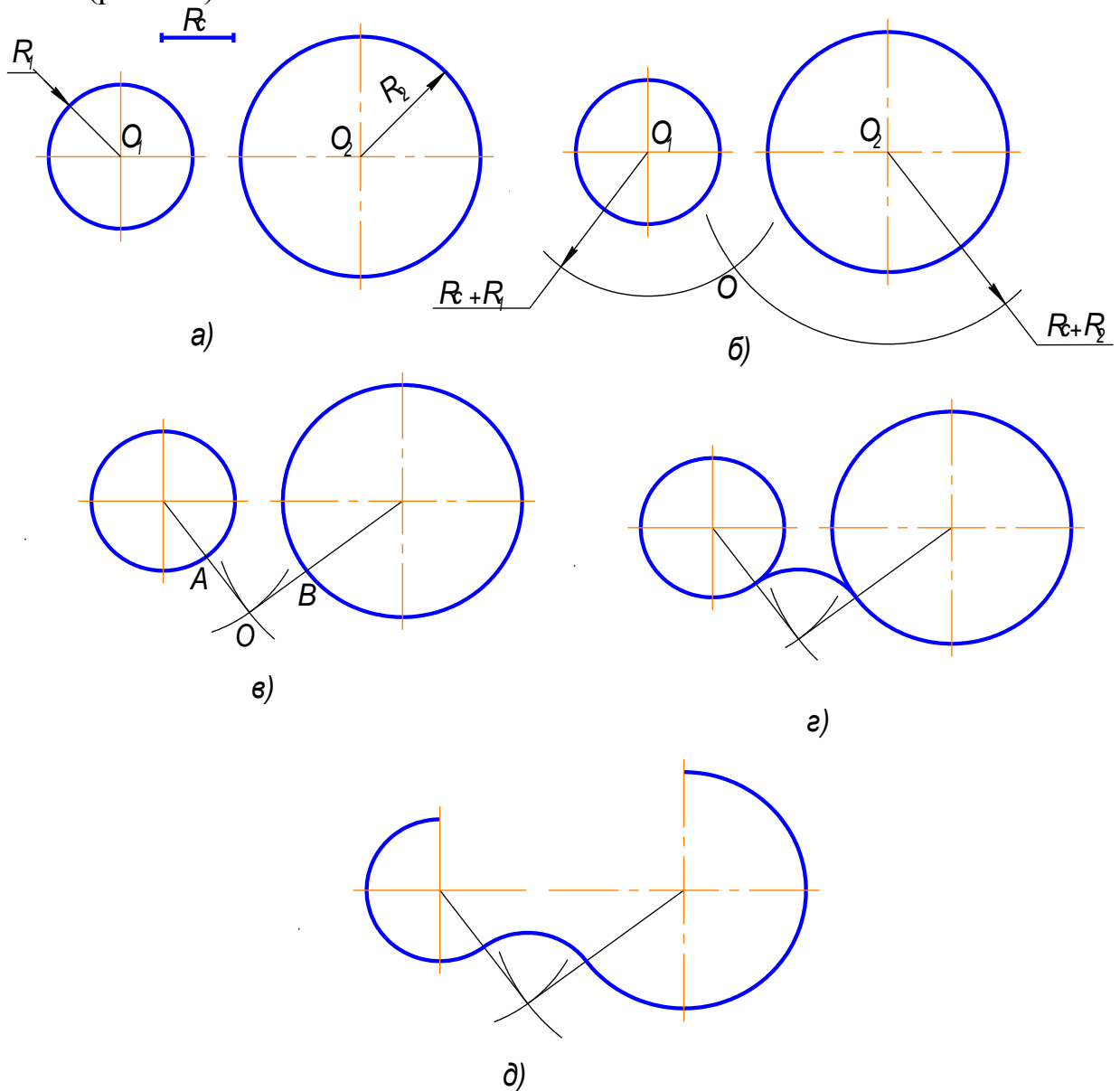


Рис.36.

Пример 2. Заданные окружности находятся внутри сопрягающей дуги (внутреннее сопряжение) (рис.35б).

Алгоритм построения:

1. Найти центр сопряжения O (рис.37б). Для этого из O_1 и O_2 сделать засечки радиусами, равными разностям: $R_c - R_1$; $R_c - R_2$;
2. Найти точки сопряжения A и B (рис.37в). Для этого нужно соединить точку O с O_1 и O_2 и продолжить до пересечения с заданными окружностями: OO_1A ; OO_2B .
3. Построить дугу сопряжения: радиусом R_c соединить точки A и B .

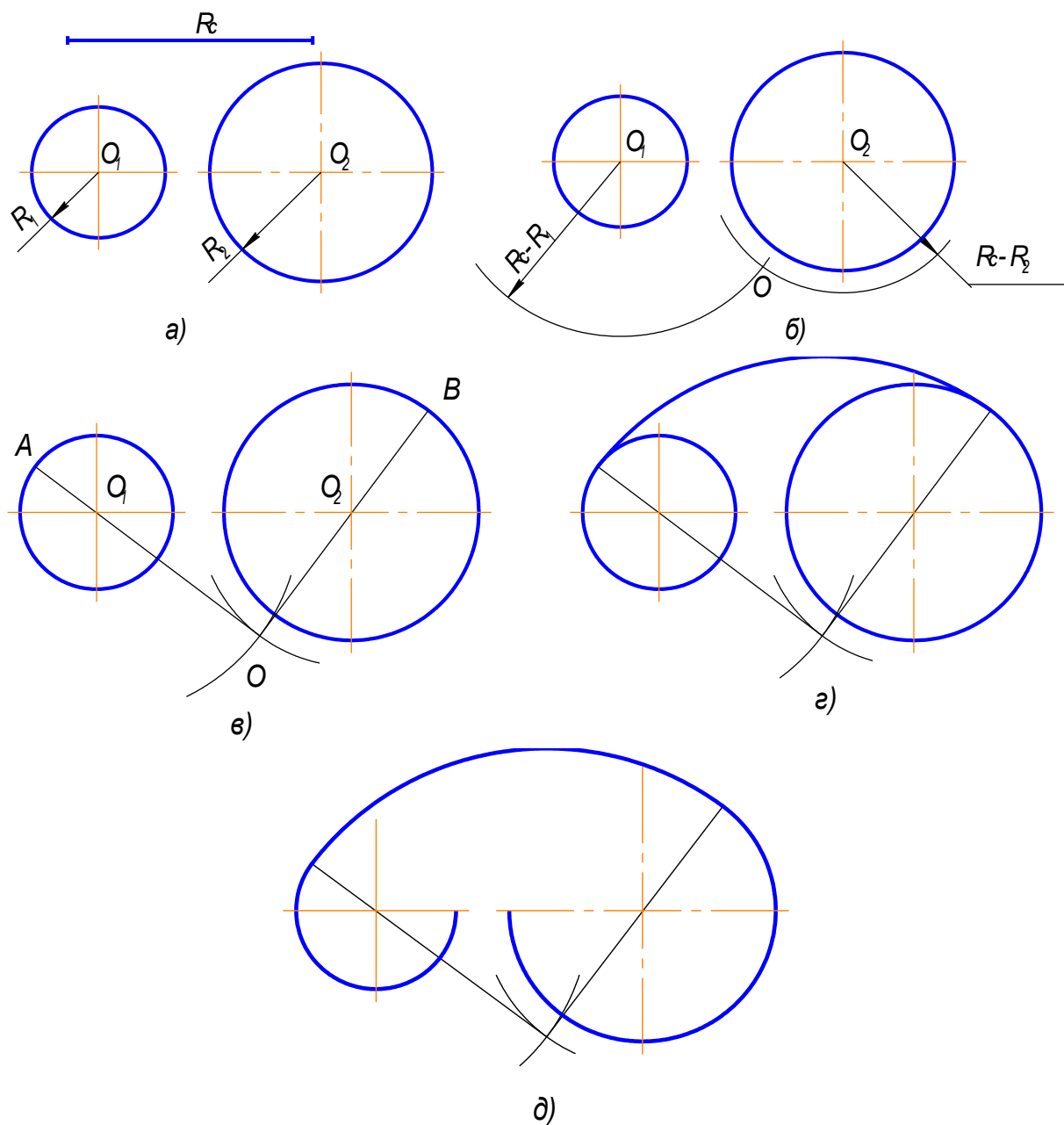


Рис.37.

Пример 3. Одна из заданных окружностей находится с внешней стороны сопрягающей дуги, а вторая окружность - внутри сопрягающей дуги (смешанное сопряжение) (рис.38).

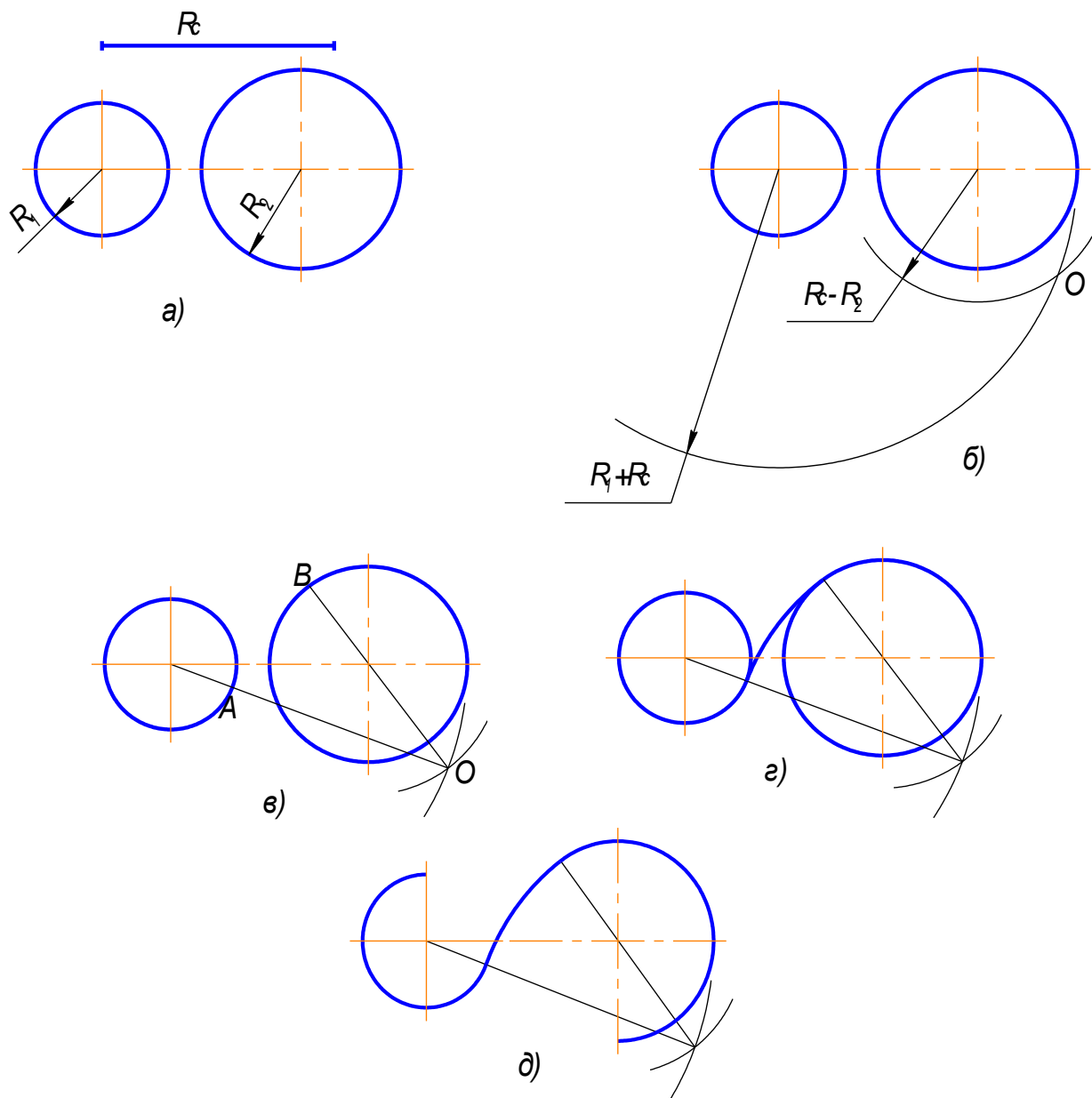


Рис.38.

4.5. Построение внешней касательной к двум окружностям

Последовательность построения следующая (рис.39):

1. Из центра большей заданной окружности проводим окружность радиусом равным $R_1 - R_2$ (рис.39 б);
2. Через середину расстояния между центрами заданных окружностей проводим окружность радиусом, равным половине расстояния между этими окружностями (рис.39 в, г);
3. Находим точки пересечения этих окружностей A и B (рис.39 г);

4. Через центр заданной большей окружности и точки A и B проводим линии до окружности большего радиуса. Получаем точки C и D (рис.39д);

5. Из центра меньшей окружности проводим прямые, параллельные прямым, построенным в пункте 4, получаем точки E и F (рис.39д);

6. Точки C, E и точки D, F соединяем прямыми. Они расположены касательно к заданным окружностям (рис.39е).

7. Результат построения – на рис.39ж.

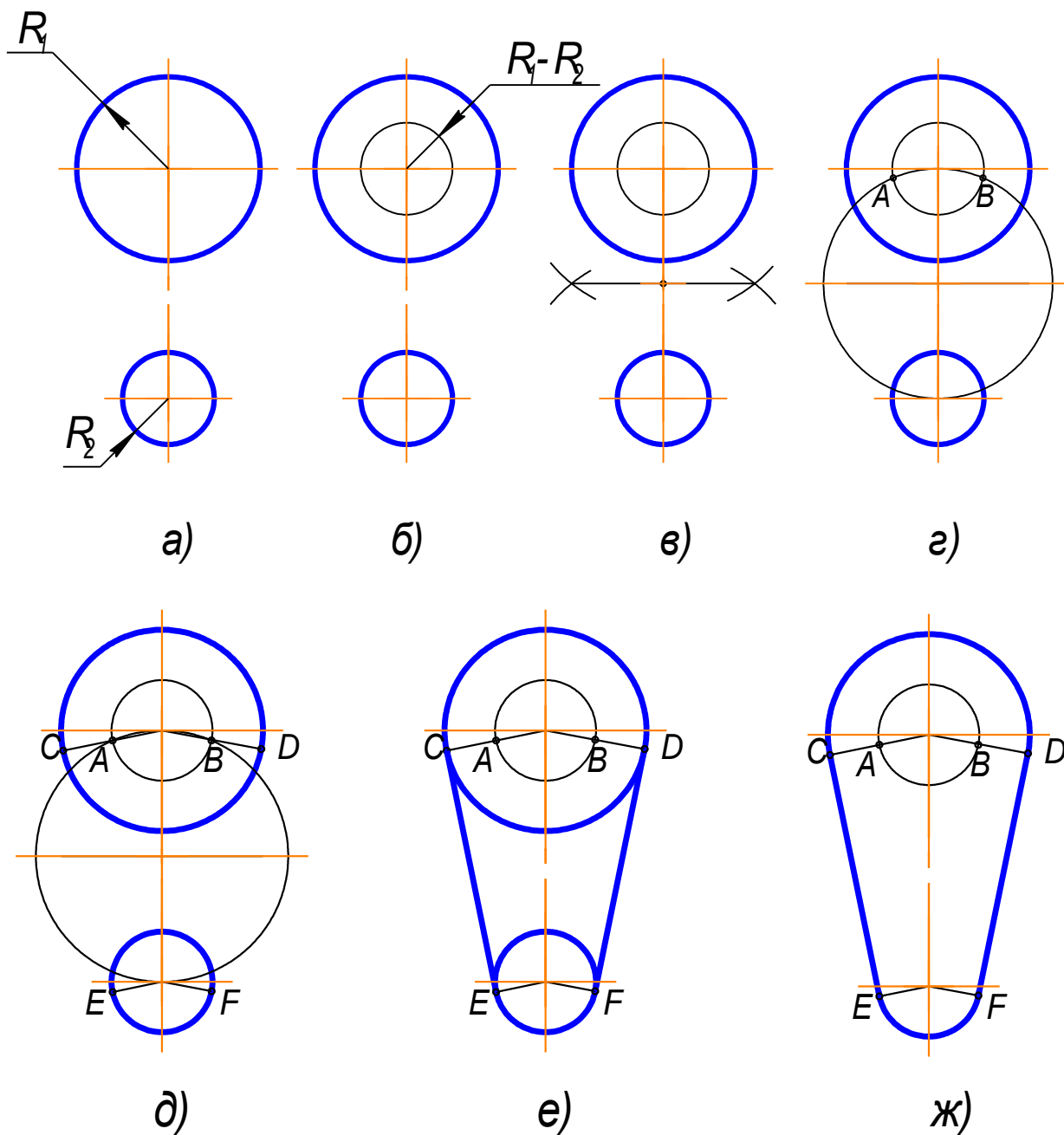


Рис.39.

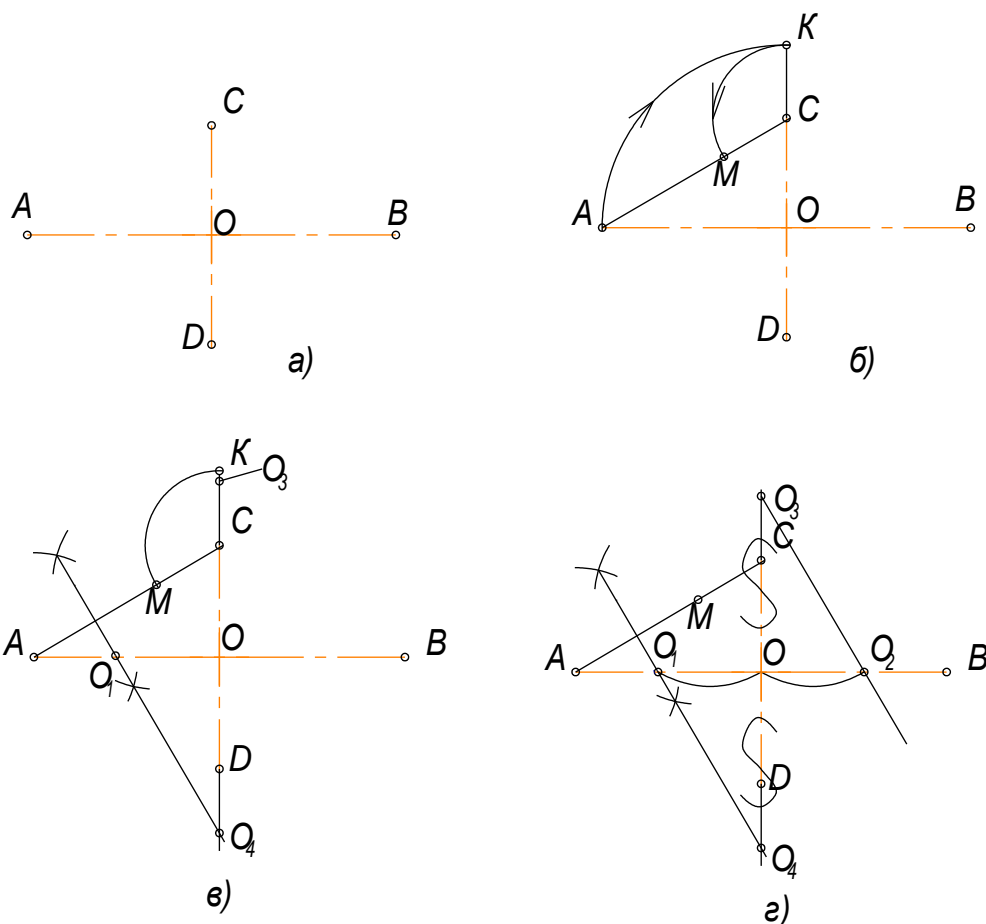
Вывод. Чтобы осуществить сопряжение линий нужно:

- 1) Найти центр сопряжения;
- 2) Определить точки сопряжения;
- 3) Провести сопрягающую дугу, строго от точки до точки.

4.6. Построение эллипса по двум осям

Последовательность построений (рис.40)

- 1). Заданы большая AB и малая CD оси овала (рис.40а);
- 2). Соединим точки A и C . На этой прямой откладываем точку M : $CM=AO-OC=CK$ (рис.40б);
- 3). Отрезок AM делим пополам, и из середины этого отрезка восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с осями овала в точках O_1 и O_4 (рис.40в);
- 4). Строим точки, симметричные точкам O_1 и O_4 , получаем O_2 и O_3 (рис.2.17г);
- 5). Проводим линии центров O_1O_3 , O_1O_4 , O_2O_3 , O_2O_4 (рис.40д);
- 6). Из центра O_4 проводим дугу радиусом $R_1=O_4C$ до пересечения с линиями центров O_4O_1 и O_4O_2 в точках 1 и 2. Аналогично находим точки 3 и 4 (рис.40е);
- 7). Замыкающие дуги овала проводим из центров O_1 и O_2 радиусом $R_2=O_1A$ (рис.40ж).
- 8) Результаты построения – рис. 40з.



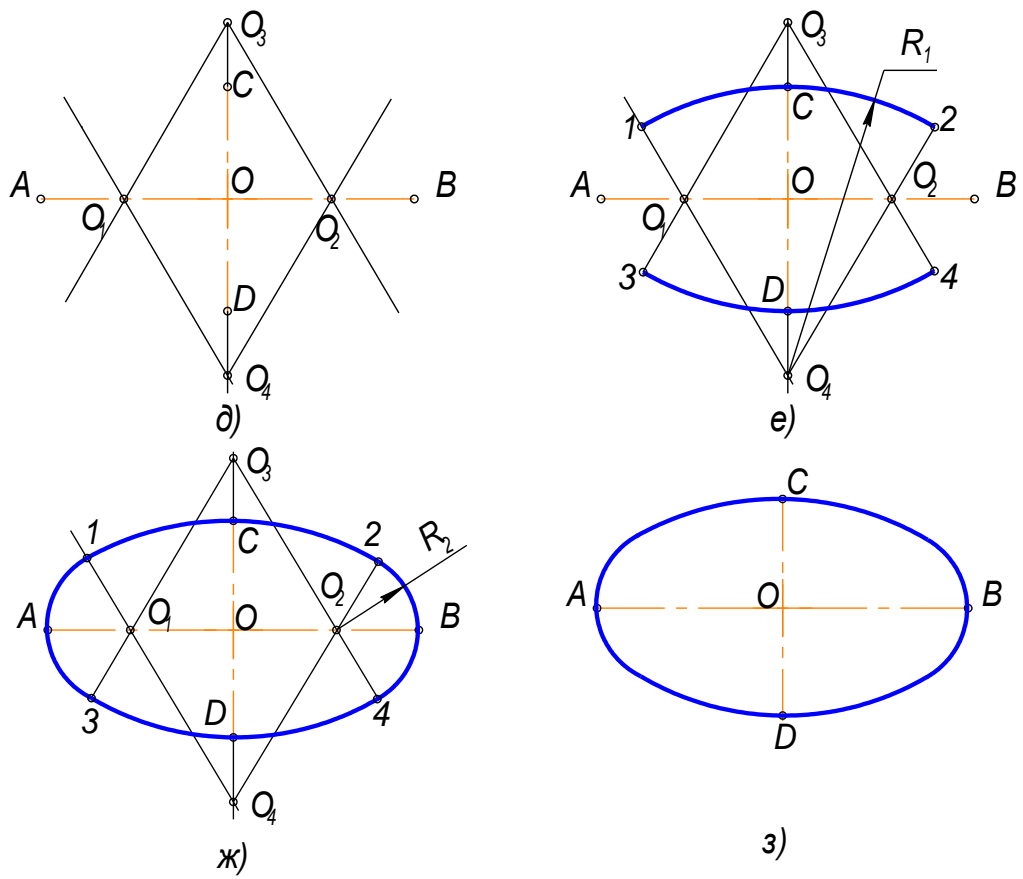


Рис.40.

4.7. Выполнение чертежей деталей, имеющих сопряжения

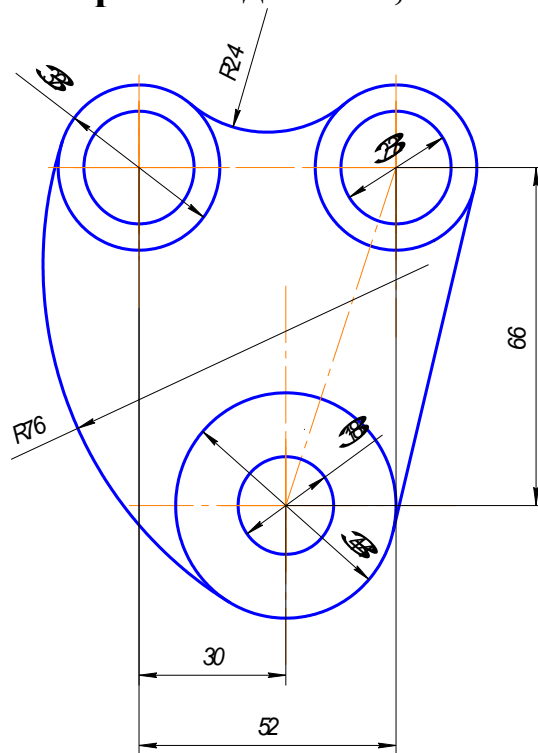


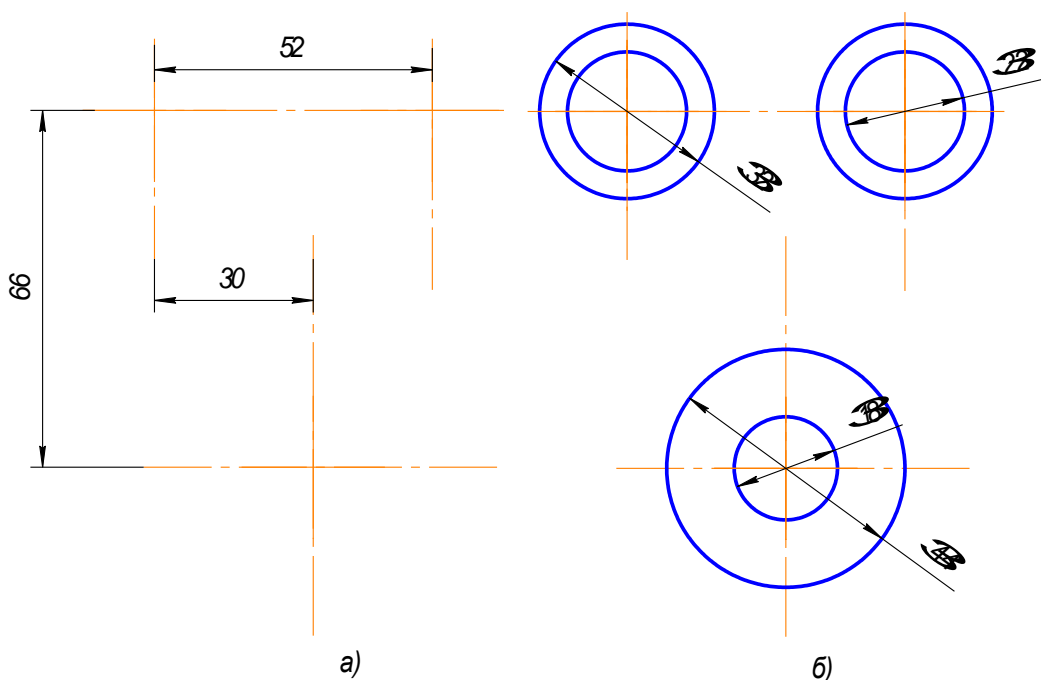
Рис.41.

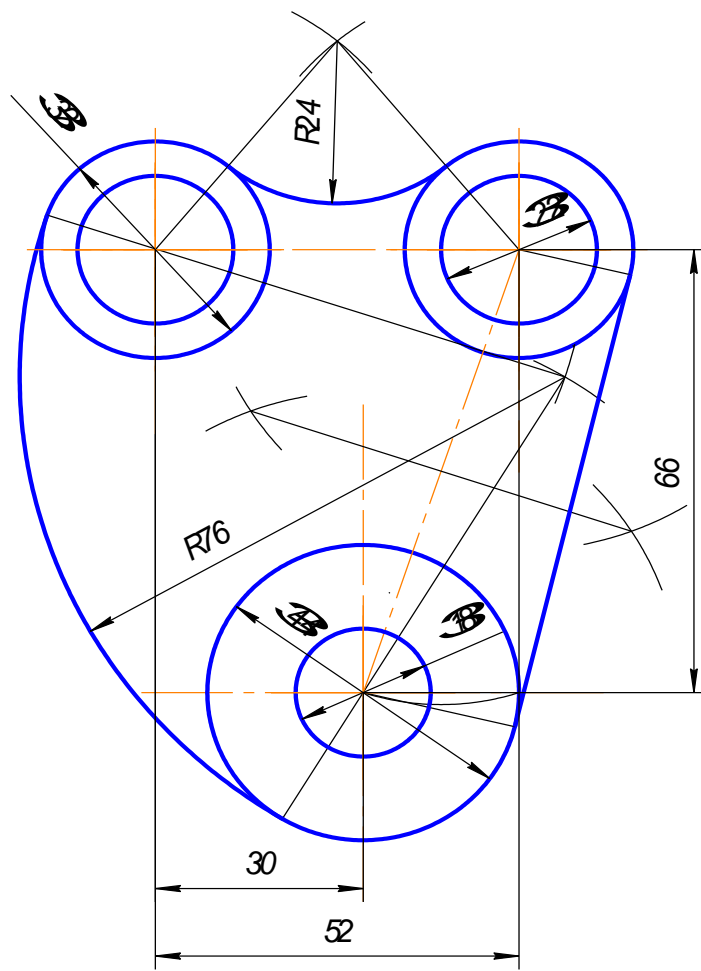
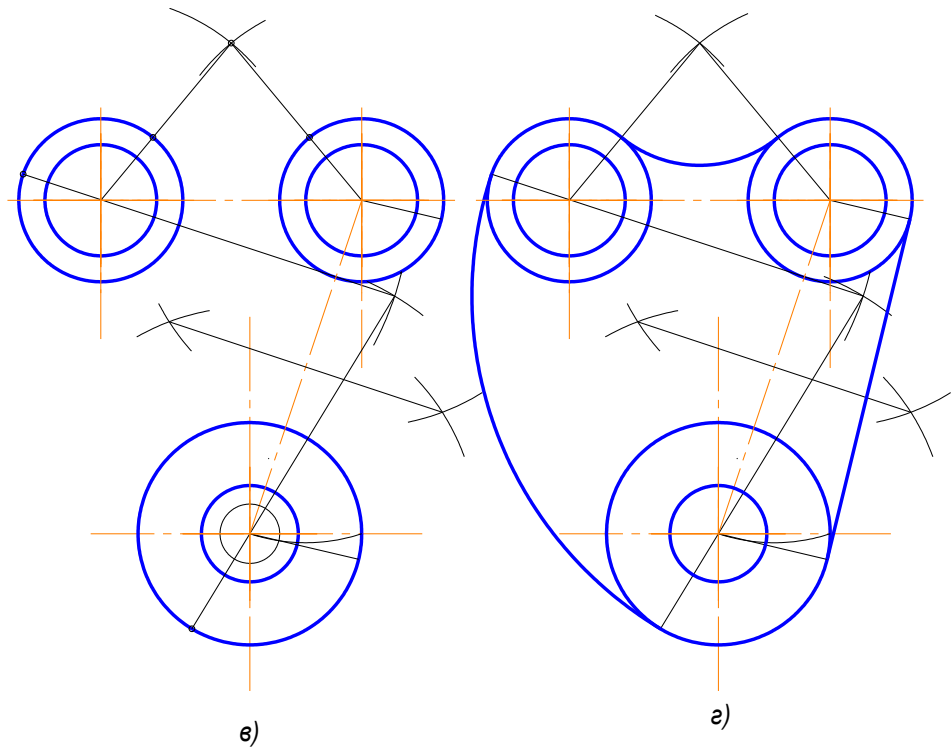
Построение чертежа такой детали (рис.41) следует начинать с анализа геометрических элементов, составляющих изображение детали, и определения ее габаритных размеров. Затем следует продумать, какие геометрические построения нужно выполнить на чертеже. Соответственно габаритным размерам детали выбирают масштаб изображения. Построение рекомендуется выполнять в такой последовательности (рис.42):

- 1).Нанести осевые и центровые линии (рис.42а);
- 2).Провести окружности, центры которых расположены на пересечении центровых линий (рис.42б);
- 3).Выполнить сопряжения с указанием вспомогательных построений, необходимых для определения центров и точек сопряжения:
 - а) между окружностями $\varnothing 32$ построить наружное сопряжение радиусом $R24$;
 - б) между окружностями $\varnothing 32$ и $\varnothing 44$ построить внутреннее сопряжение радиусом $R76$;
 - в) выполнить построения для проведения касательной к окружностям $\varnothing 32$ и $\varnothing 44$, построить касательную. Построения показаны на рис. 42 в, г.
- 4).Нанести размерные линии и проставить размерные числа.

ВНИМАНИЕ!

Вспомогательные построения необходимо оставить на чертеже.





д)
Рис.42

Графическая работа №5

ТЕМА 2. Сопряжения. (ГОСТ 2.307-68).

Содержание: На формате А4 построить чертеж по вариантам, выполнить сопряжения, проставить размеры, заполнить основную надпись.

Цель задания:

- изучить правила оформления чертежей по ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.302-68; ГОСТ 2.303-68
- изучить правила построения сопряжения в соответствии с ГОСТ 2.307-68.
- изучить основные правила нанесения размеров на чертежах ГОСТ 2.307-68
- приобрести навыки геометрических построений

Сопряжением линий называется плавный переход по кривой от одной линии к другой.

Точкой сопряжения линий называется общая точка двух сопрягаемых линий, это точка в которой одна линия переходит в другую линию.

Для правильного выполнения чертежей необходимо уметь выполнять построения сопряжений, которые основаны на двух положениях:

1. Для сопряжения прямой линии и дуги необходимо, чтобы центр окружности, которой принадлежит дуга, лежал на перпендикуляре к прямой, восстановленном из точки сопряжения. При сопряжении прямой линии и кривой прямая должна являться одновременно касательной к кривой.
2. Для сопряжения двух дуг необходимо, чтобы центры окружностей, которым принадлежат дуги, лежали на прямой, проходящей через точку сопряжения и перпендикулярной к общей касательной этих дуг (рис. 43). Точку сопряжения находят на прямой, соединяющей центры окружностей. Точка сопряжения является границей двух линий, здесь кончается одна линия и начинается другая. Следовательно, точки сопряжения являются вместе с тем и точками касания прямой и дуги или двух дуг.

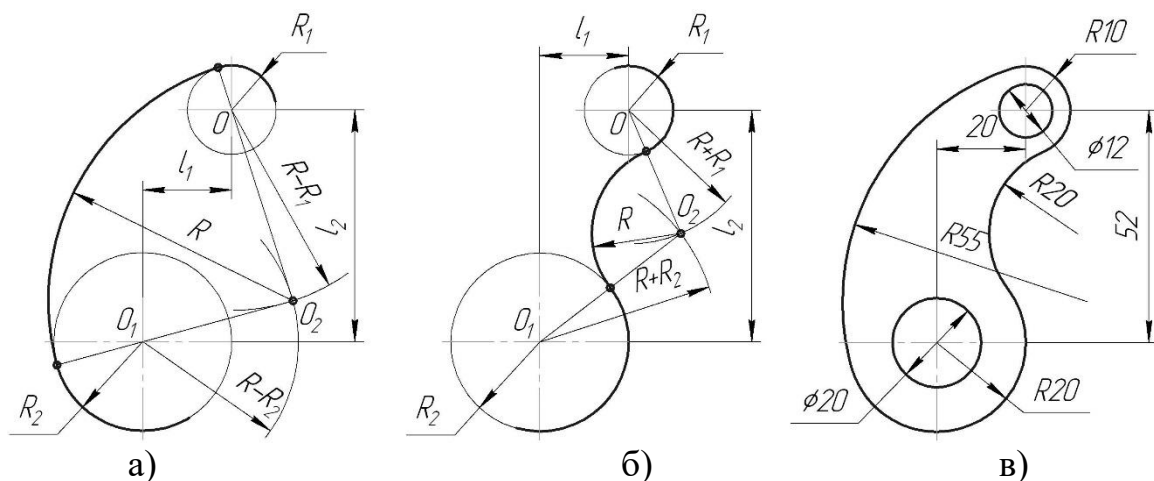
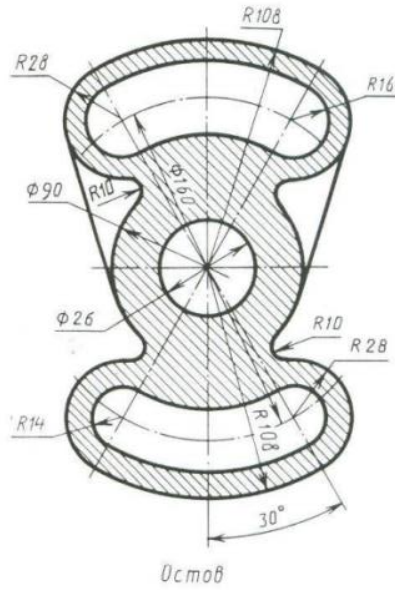
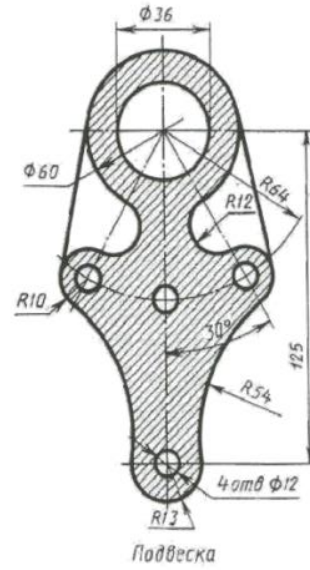


Рис.43

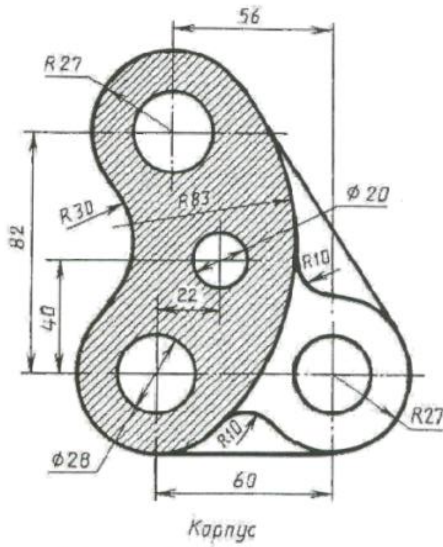
Варианты для выполнения задания «Сопряжения»



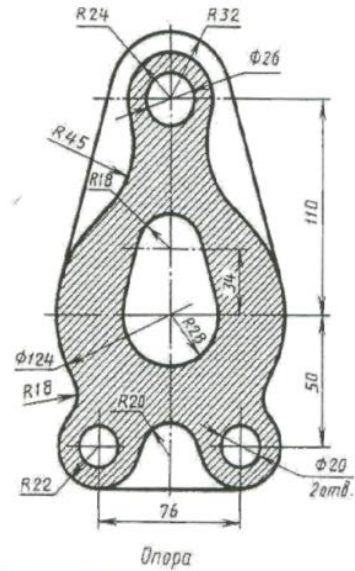
Вариант 1



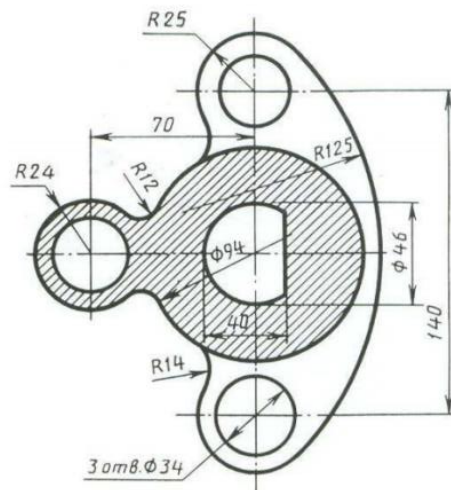
Вариант 2



Вариант 3

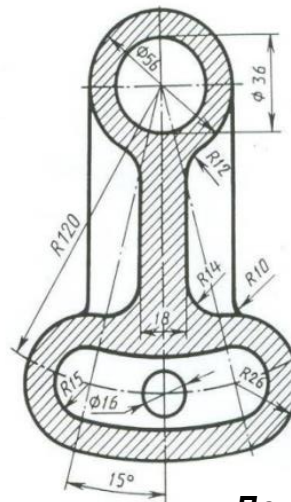


Вариант 4



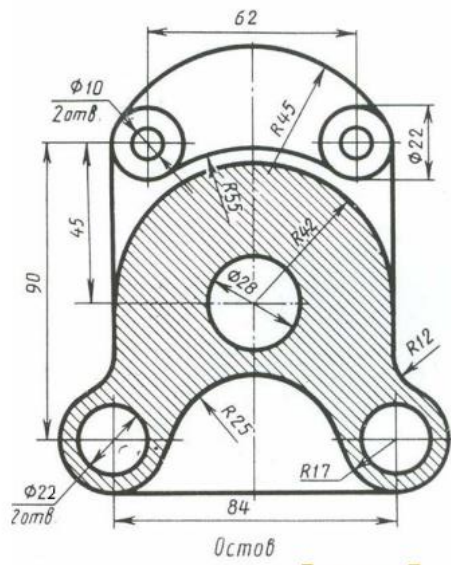
Проушина

Вариант 5

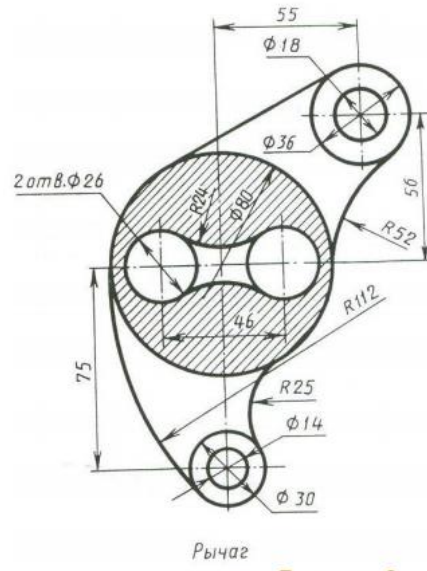


Подвеска

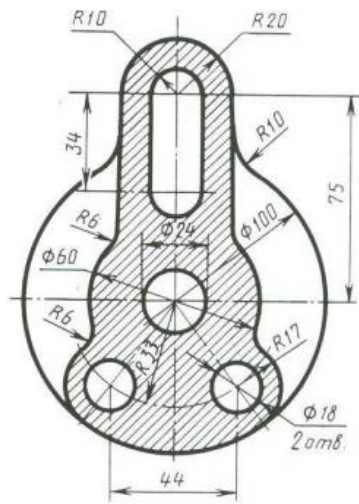
Вариант 6



Вариант 7

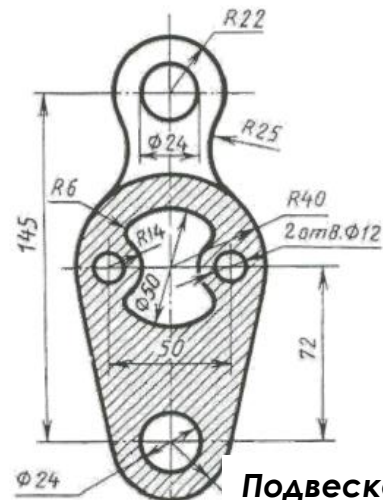


Вариант 8



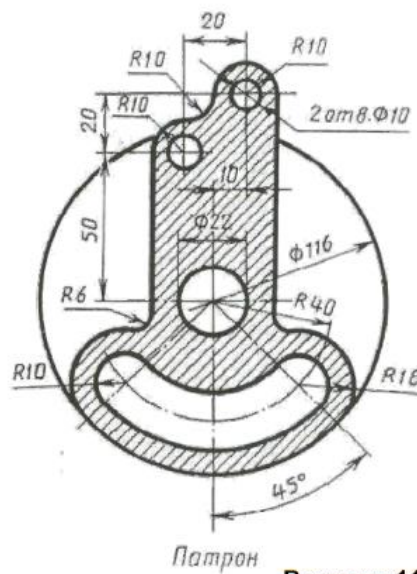
Цилиндр

Вариант 9



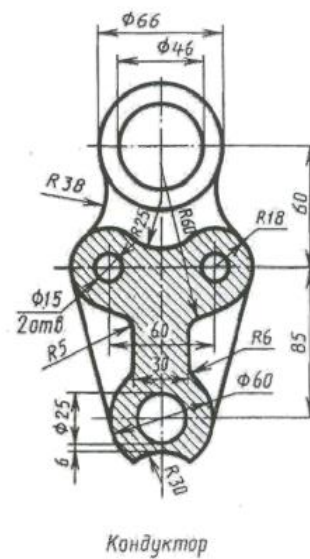
Подвеска

Вариант 10



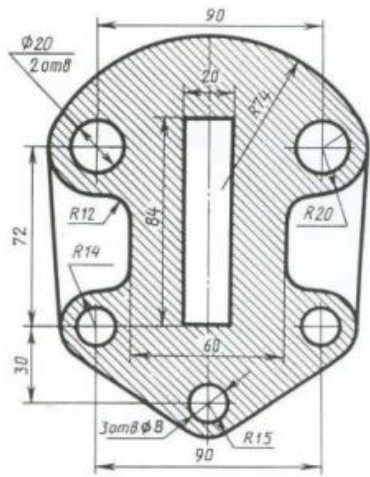
Патрон

Вариант 11



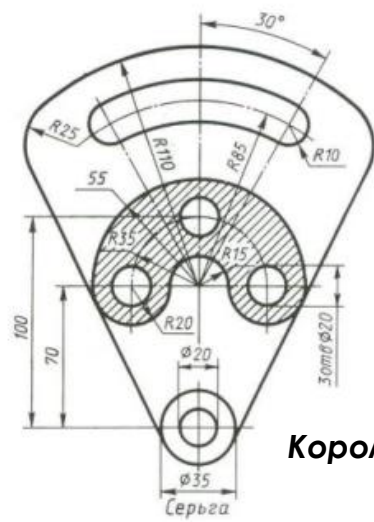
Кондуктор

Вариант 12



Корпус

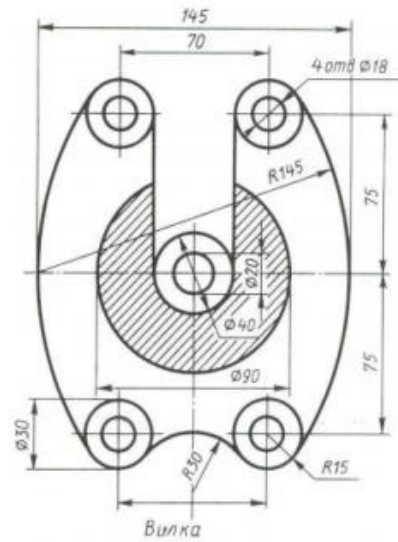
Вариант 13



Серьга

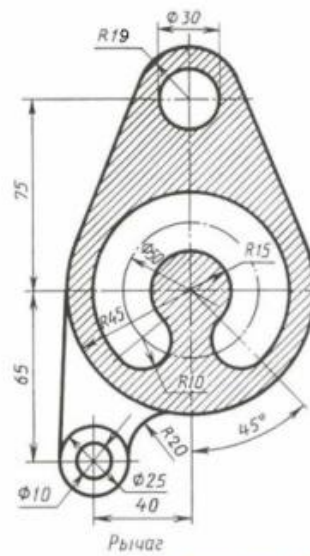
Вариант 14

Коромысло



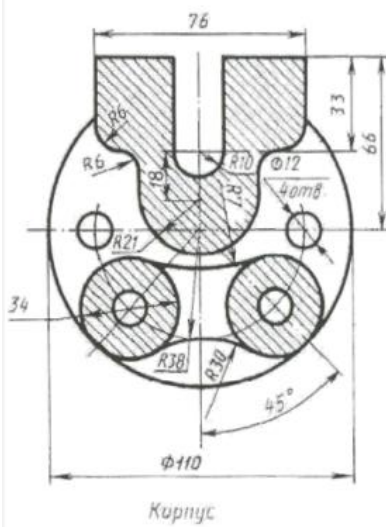
Вилка

Вариант 15



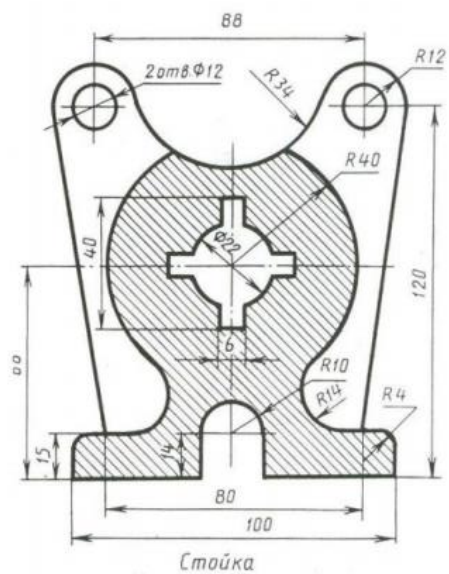
Рычаг

Вариант 16



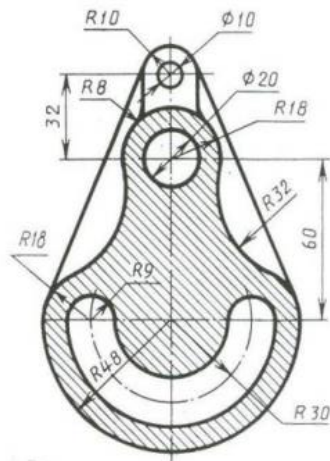
Корпус

Вариант 17

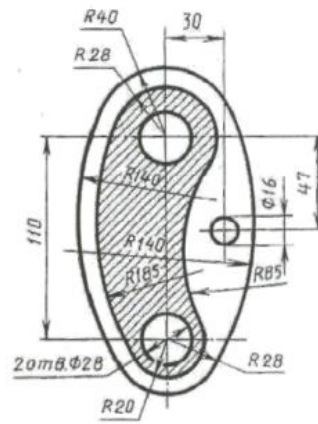


Стойка

Вариант 18



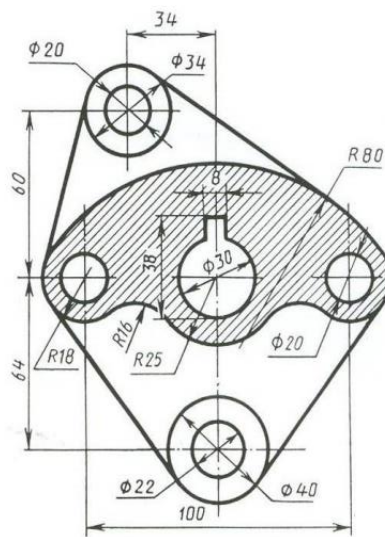
Серьга



Коромысло

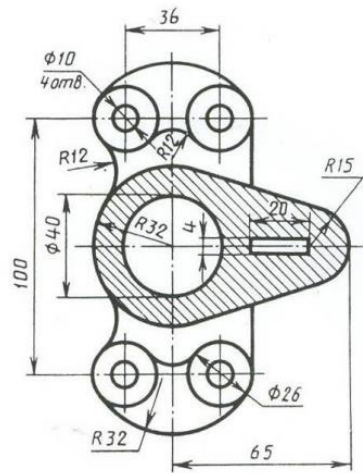
Вариант 19

Вариант 20



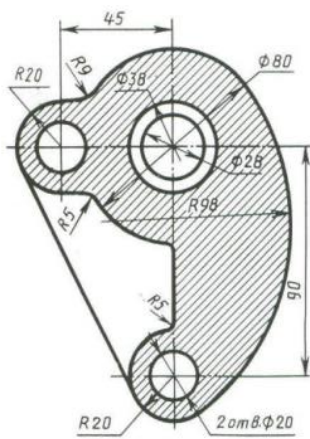
Рычаг

Вариант 21



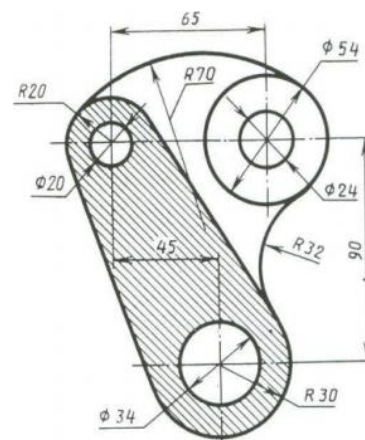
Проушина

Вариант 22



Рычаг

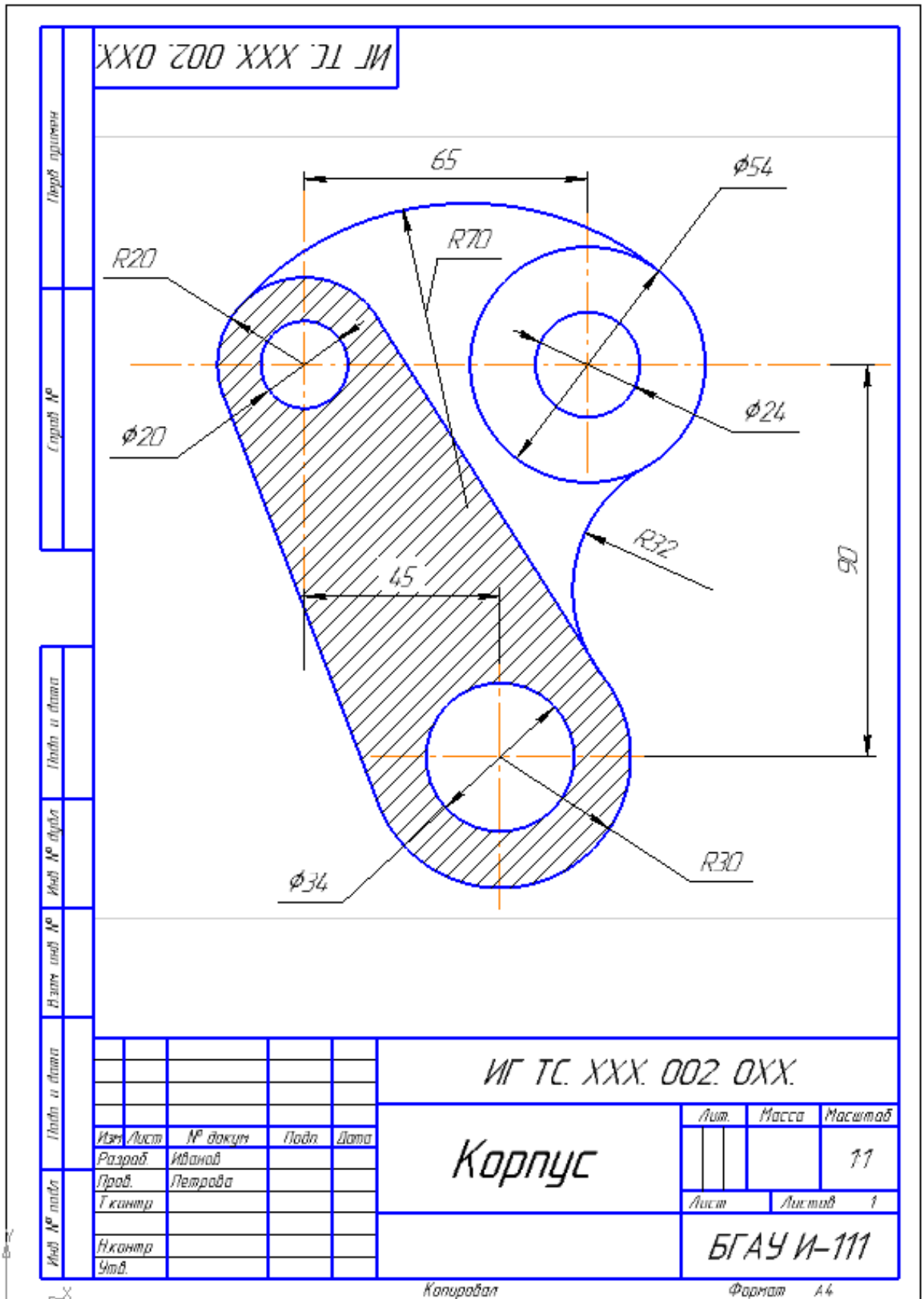
Вариант 23



Корпус

Вариант 24

Пример выполнения темы «Сопряжения»



Учебное издание

Синяя Наталия Викторовна
Никитин Виктор Васильевич

«ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

Раздел геометрические построения

Часть I

МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ

ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

для студентов обучающихся по направлению подготовки - 35.03.06 Агроинженерия

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 17.11.2021г. Формат 60×84^{17/16}
Бумага писчая. Усл. п.л. 3,02. Тираж 100 экз. Изд. № 7123.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, Брянский ГАУ