

**Федеральное агентство по образованию**  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«НАУЧНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Белоенко Е.В., Франковский Б.А.**

## **Сопряжения**

**Издательство  
Томского политехнического университета  
Томск 2011**

УДК 515

Сопряжения. Методические указания по теме «Сопряжения» для студентов всех специальностей. Томск.: Изд-во ТПУ, 2011.– 36 с.

Составители: доц., канд. техн. наук Франковский Б.А,  
доц., канд. техн. наук Белоенко Е.В.

Рецензент доц., канд. техн. наук Винокурова Г.Ф.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры начертательной геометрии и графики 5 марта 2010 г.

Зав. кафедрой, доц. \_\_\_\_\_ А.А. Захарова

© Научный исследовательский  
Томский политехнический университет, 2011

## Целевое назначение

Закрепление теоретических положений и получение практических навыков в построении всех видов сопряжений.

## Содержание работы

Вычертить сложный криволинейный контур детали, применяя правила построения видов сопряжений.

### 1. Геометрические построения

Построением на чертеже называют графический способ решения геометрических задач на плоскости при помощи чертежных инструментов. При выполнении чертежей деталей применяют следующие построения: проводят взаимно параллельные и перпендикулярные прямые, делят отрезок и окружность на равные части, строят правильные многоугольники, равные по величине фигуры и другие построения.

#### 1.1. Деление отрезка $AB$ пополам (рис. 1)

Из концов отрезка  $A$  и  $B$  одним и тем же произвольным раствором циркуля ( $R > AB/2$ ) описывают две дуги. Точки их пересечения  $C$  и  $D$  соединяют прямой. Точка пересечения  $O$  прямых  $AB$  и  $CD$  есть середина отрезка  $AB$ .

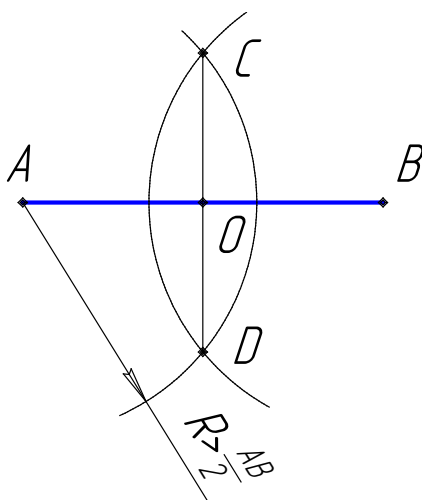


Рис. 1

#### 1.2. Определение центра и радиуса дуги окружности (рис. 2)

Проводят две произвольные хорды  $AB$  и  $BC$  и строят перпендикуляры к их серединам (см. п. 1.1.). Точка  $O$  пересечения перпендикуляров является центром дуги, а расстояние от нее до любой точки дуги – радиусом.

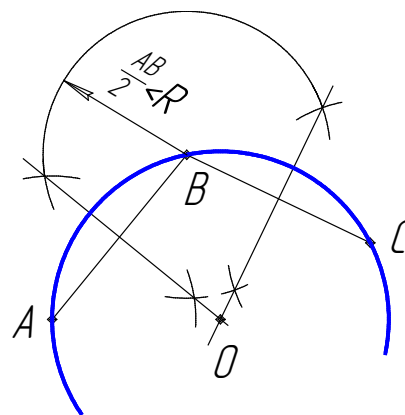


Рис. 2

### 1.3. Деление отрезка $AB$ на равные части (рис. 3)

Для деления отрезка на  $n$  равных частей из точки  $A$  проводят под острым углом к прямой  $AB$  вспомогательную прямую  $AC$ . На ней от точки  $A$  последовательно откладывают  $n$  равных по величине отрезков. Крайнюю точку  $D$  соединяют с точкой  $B$ . Через точки деления проводят прямые, параллельные  $BD$ , на отрезке  $AB$  получают  $n$  равных частей.

### 1.4. Построение перпендикуляра из точки $A$ к прямой $MN$ (рис. 4)

Взяв произвольную точку  $O$  вне данной прямой, так, чтобы прямая, проходящая через нее и точку  $A$ , составляли с прямой  $MN$  угол приблизительно равный  $60^\circ$ , проводят из нее окружность радиуса  $OA$ . Через вторую точку  $B$  пересечения окружности с прямой  $MN$ , проводят диаметр  $BC$ . Конец диаметра  $C$  соединяют с  $A$ ;  $CA$  – искомый перпендикуляр.

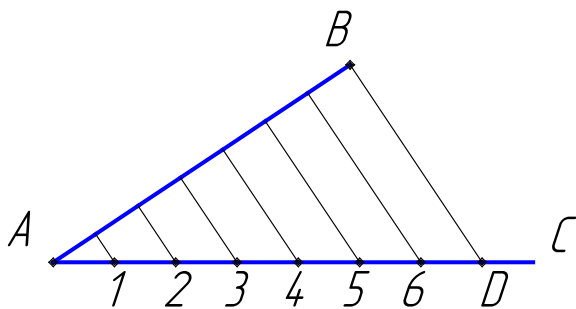


Рис. 3

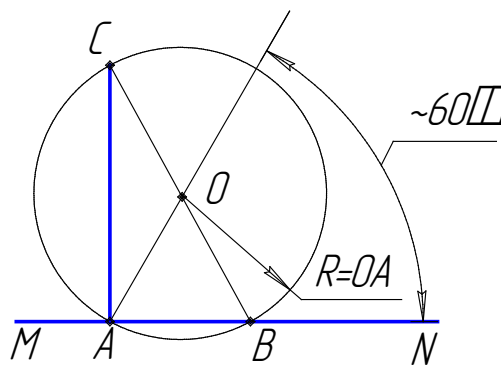


Рис. 4

### 1.5. Построение перпендикуляра из точки $C$ на прямую $MN$ (рис. 5)

Из точки  $C$  проводят произвольно наклонную прямую  $CB$ . Строят перпендикуляр к  $CB$  (используя п. 1.1.) и определяют точку  $O$ . Из точки  $O$  описывают окружность радиуса  $OB$ . Окружность пересекает  $MN$  в точке  $A$ . Проводят  $AC$  – получают искомый перпендикуляр.

### 1.6. Построение прямой $AB$ , параллельной прямой $MN$ на заданном расстоянии (рис. 6)

Раствором циркуля, равным заданному расстоянию, из любых точек прямой  $MN$  проводят две дуги. Через верхние точки этих двух дуг проводят прямую (касательную)  $AB$ , которая и будет параллельна прямой  $MN$ .

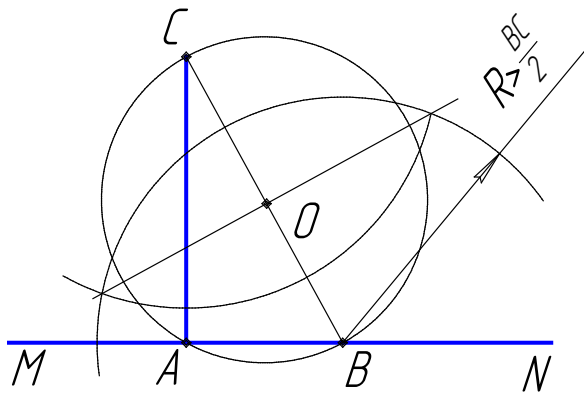


Рис. 5

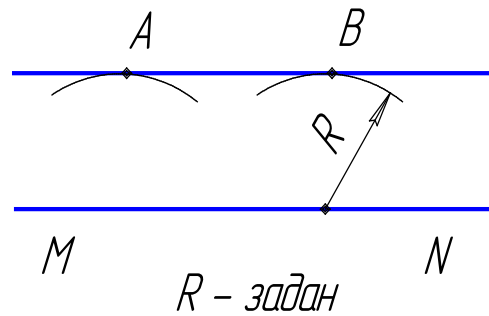


Рис. 6

### 1.7. Деление угла $BAC$ пополам (рис. 7)

Из вершины  $A$  проводят дугу  $DE$  произвольным радиусом. Из полученных точек  $D$  и  $E$  тем же радиусом описывают дуги  $ab$  и  $cd$ . Точку их пересечения  $F$  соединяют с точкой  $A$ . Биссектриса  $AF$  делит угол  $BAC$  пополам.

### 1.8. Построение прямых под заданными углом: $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ и $75^\circ$ (рис. 8)

Процесс построения углов основан на делении прямого угла на три равные части и делении любого угла пополам (по п. 1.7.) Восстанавливают перпендикуляр из точки  $A$  к прямой  $MN$ , согласно п. 1.4. Проводят дугу из точки  $A$  радиусом  $AC$  в пределах прямого угла. Из точки  $C$  радиусом  $AC$  на дуге  $CD$  делают засечку получают точку  $E$ . Угол  $EAD$  равен  $30^\circ$ . Не меняя раствор циркуля из точки  $D$ , делают засечку на дуге  $CD$ , получают точку  $F$ . Угол  $FAD$  равен  $60^\circ$ . Угол  $CAF$  делят пополам, биссектриса пересекает дугу  $CD$  в точке  $R$ . Угол  $RAF$  равен  $15^\circ$ , следовательно, угол  $RAD$  равен  $75^\circ$ . Делят угол  $CAD$  пополам, биссектриса пересекает дугу  $CD$  в точке  $L$ . Угол  $LAD$  равен  $45^\circ$ .

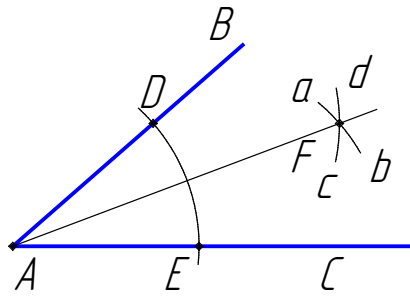


Рис. 7

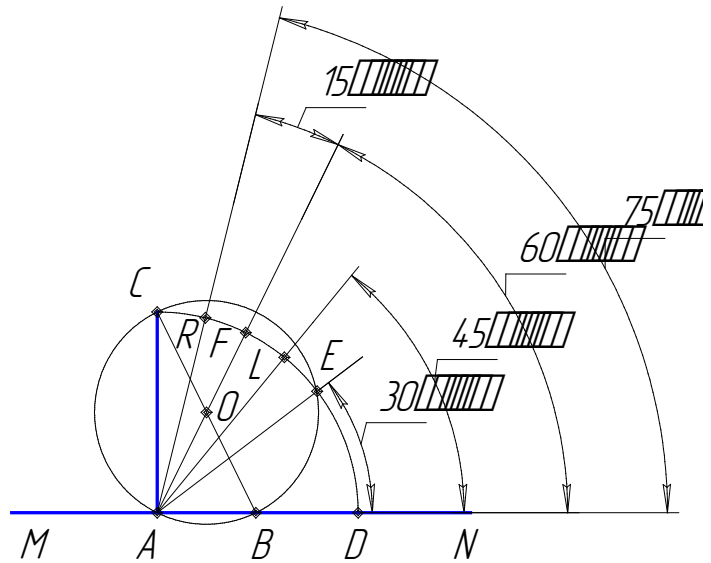


Рис. 8

### 1.9. Деление окружности на равные части (рис. 9, 10 и 11)

Деление окружности на 4, 8 и 3 равные части и построение правильных вписанных в нее многоугольников показано на рис. 9, а, б, в. Половина  $2A$  стороны 2-3 треугольника является стороной правильного вписанного в эту окружность семиугольника.

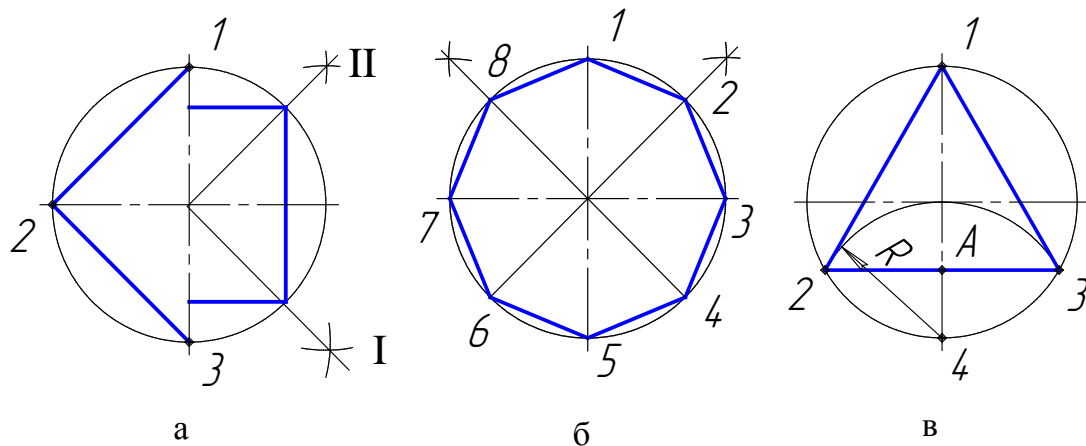


Рис. 9

Деление окружности на 6, 9 и 12 равных частей и построение правильных вписанных в нее многоугольников показано на

рис. 10 а, б, в. Отрезок  $AB$  (рис. 10, б) является стороной правильного девятиугольника.

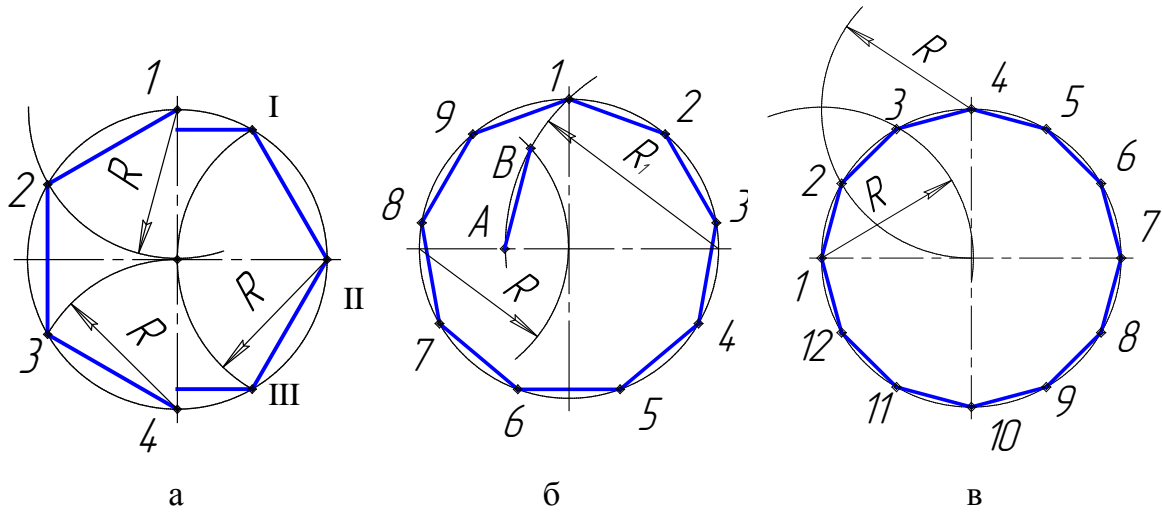


Рис. 10

Деление окружности на 5 и 10 равных частей и построение правильных вписанных в нее многоугольников показано на рис. 11, а, б. Радиус окружности (рис. 11, а) делят пополам (см. п. 1.1.) и отмечают его середину – точку  $O_1$ , из которой проводят дугу радиусом  $R_1=O_15$ . Отрезок  $5A$  равен по величине стороне правильного пятиугольника, вписанного в окружность, а отрезок  $OA$  – сторона правильного десятиугольника (рис. 11, а).

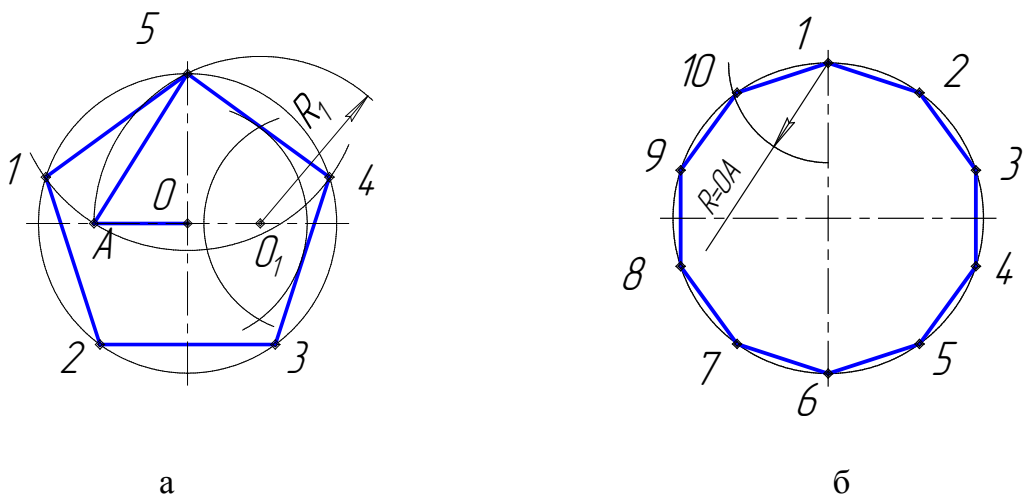


Рис. 11

### 1.10. Замечательные линии и точки треугольника

#### 1.10.1. Определение центра радиуса описанной окружности треугольника (рис. 12)

Центр описанной окружности треугольника находится в пересечении перпендикуляров (см. п. 1.1.), проведенных к серединам сторон треугольника –  $O$ ,  $R=Oa=Ob=Oc$ .

#### 1.10.2. Определение центра радиуса вписанной окружности треугольника (рис. 13)

Центр вписанной окружности треугольника находится в пересечении биссектрис углов треугольника (см. п. 1.7.) -  $O$ ,  $R=Od$ .

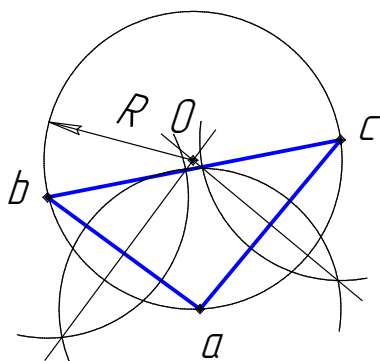


Рис. 12

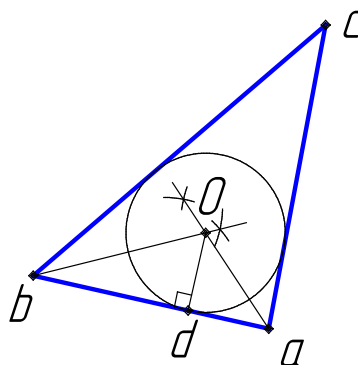


Рис. 13

#### 1.10.3. Определение ортоцентра треугольника (рис. 14)

Три высоты треугольника всегда пересекаются в одной точке, называемой ортоцентром –  $O$ . Высотой треугольника называют перпендикуляр (см. п. 1.5.), опущенный из любой вершины треугольника на противоположную его сторону.

#### 1.10.4. Определение центра тяжести треугольника (рис. 15)

Три медианы треугольника пересекаются в одной точке, являющейся центром тяжести треугольника –  $O$ . Медианой треугольника называют отрезок, соединяющий любую вершину треугольника с серединой противоположной его стороны (см. п. 1.1.).



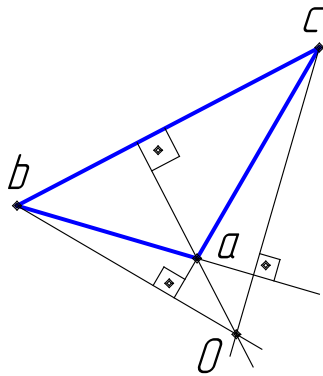


Рис. 14

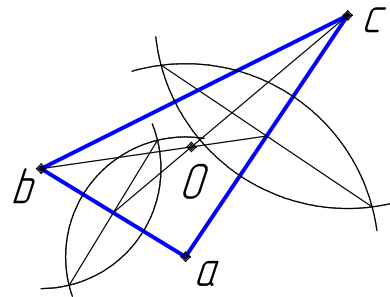


Рис. 15

### 1.11. Построение уклонов и конусности

Уклоном называют величину, характеризующую наклон прямой линии относительно другой прямой. На чертежах уклон выражают дробью (простой, десятичной) или в процентах. Уклон  $i$  отрезка  $AB$  относительно отрезка  $AC$  определяют отношением длин катетов прямоугольного треугольника  $ABC$  (рис. 16), т.е.  $i = BC/AC = \text{tg}\alpha$ . Следовательно, построение уклона сводится к построению гипотенузы прямоугольного треугольника, у которого отношение длин катетов соответствует этому уклону.

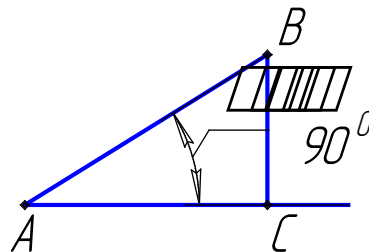


Рис. 16

При выполнении чертежа, например, швеллера №18 (рис. 17) сначала вычерчивают основной контур по размерам из стандарта ( $h=180$  мм,  $b=70$  мм,  $d=5,1$  мм,  $t=7,8$  мм,  $i=1:10$ ). Затем уточняют контур полки швеллера, для этого определяют положение точки  $E$  по размерам  $(b-d)/2=(70-5,1)/2\approx 32,5$  мм и  $t=7,8$  мм. Через точку  $E$  проводят прямую с уклоном 1:10. Ее удобнее провести параллельно отрезку  $BC$ , предварительно построенному с уклоном 1:10 ( $AB=10$  мм,  $AC=100$  мм). Знак уклона  $\angle$  (его вершина должна быть направлена в сторону уклона) наносят перед размерным числом (рис. 17).

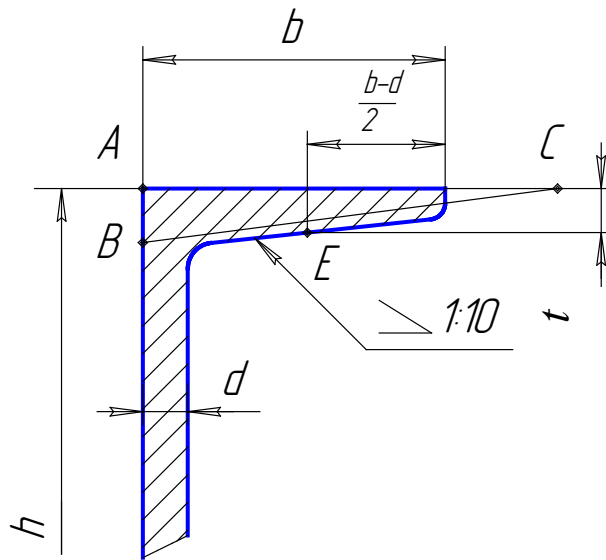


Рис. 17

Конусностью  $K$  называют отношение разности длин диаметров  $D$  и  $d$  двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними (рис. 18, *а*), т.е.  $K=(D-d)/L$ .

На чертежах конусность, как и уклон, выражают простой дробью, десятичной или в процентах. Знак конусности  $\triangleright$  (его вершина должна быть направлена в сторону вершины конуса) наносят перед размерным числом (рис. 18, *б*).

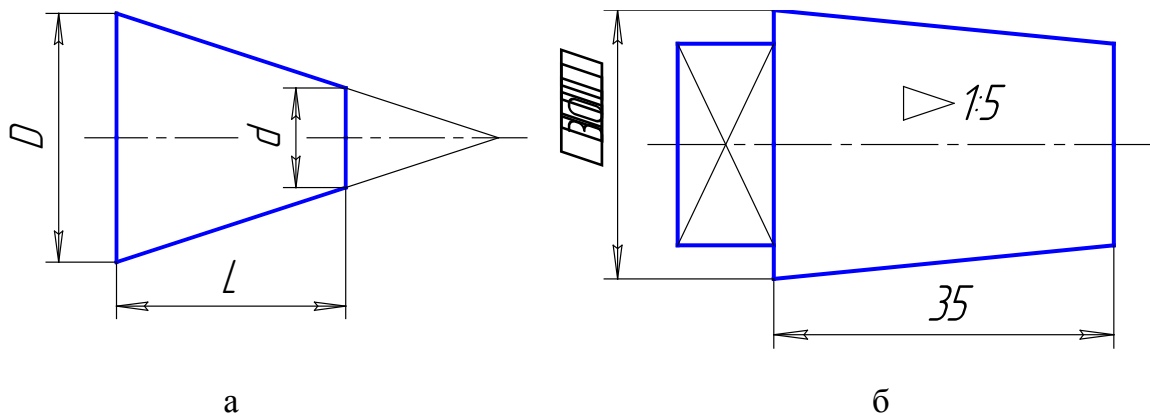


Рис. 18

## 2. Сопряжения

### 2.1. Основные определения и теоретические положения

Очерки на чертежах многих деталей, имеющих сложный контур, изображаются линиями, плавно переходящими одна в другую. Плавные переходы определяются конструктивными особенностями деталей, их технологией изготовления, функциональном назначении, эстетическими и прочими требованиями.

Плавный переход одной линии в другую называют сопряжением. Общую точку, в которой осуществляется плавный переход, называют точкой сопряжения.

Различают следующие виды сопряжений:

- 1) двух дуг окружностей прямой линией;
- 2) двух прямых дугой окружности;
- 3) дуги окружности с прямой второй дугой;
- 4) двух дуг окружности третьей дугой.

Для построения сопряжений необходимы следующие элементы: точки сопряжения  $K$ , радиус  $R_C$  и центр  $O_C$  дуги сопряжения.

Построение видов сопряжений основано на трех теоретических положениях:

1. Прямая касательна к окружности, если она перпендикулярна к радиусу, проведенному в точку касания  $K$  (сопряжения) (см. п. 1.1., рис. 19, *а*). Для проведения касательной к окружности из заданной точки  $A$  строят прямой угол  $O_1KA$  (рис. 19, *б*). Его определяют как внутренний угол вспомогательной окружности, проведенной из центра  $O_1$ , опирающейся на ее диаметр  $OA$ .

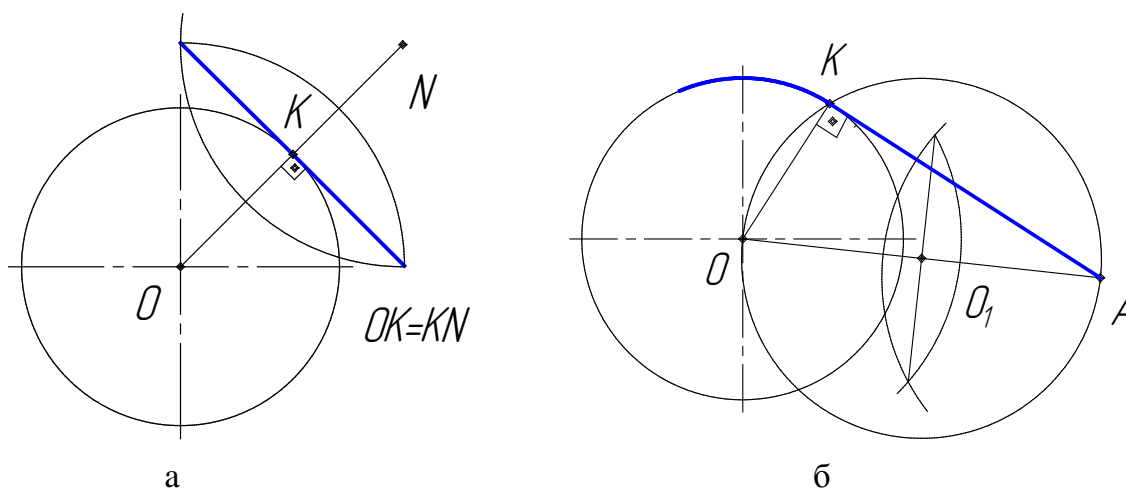


Рис. 19

2. Две окружности являются касательными, если точка касания  $K$  (сопряжения) находится на линии центров. Прямая, соединяющая центры окружностей  $O_1$  и  $O_2$  называется линией центров. Касание окружности может быть внешним (рис. 20, а) и внутренним (рис. 20, б).

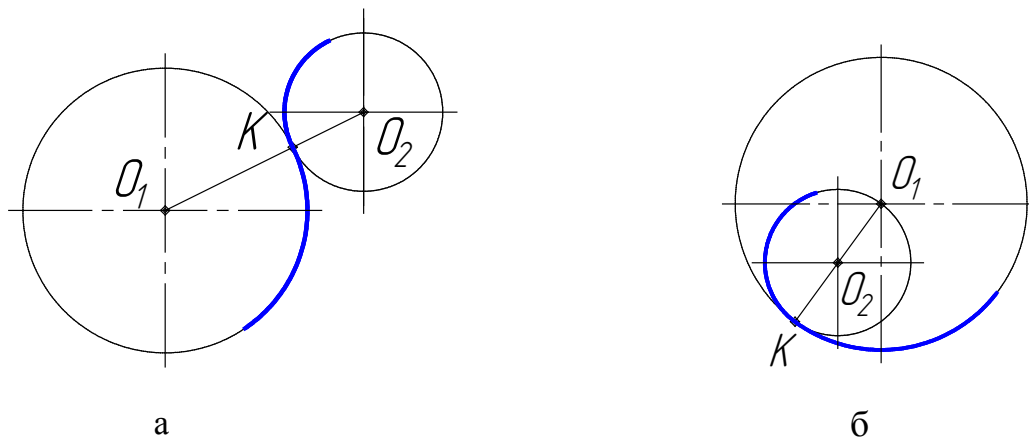


Рис. 20

3. Центр дуги сопряжения  $O_C$  двух окружностей одинакового радиуса находится на серединном перпендикуляре (см. п. 1.1.) линии центров  $O_1$  и  $O_2$ . Сопряжение дугой двух окружностей может быть внешним (рис. 21, а) и внутренним (рис. 21, б). При заданном центре сопряжения  $O_C$  определяют радиус сопряжения  $R_C$  и точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$ , используя второе теоретическое положение (см. рис. 20).

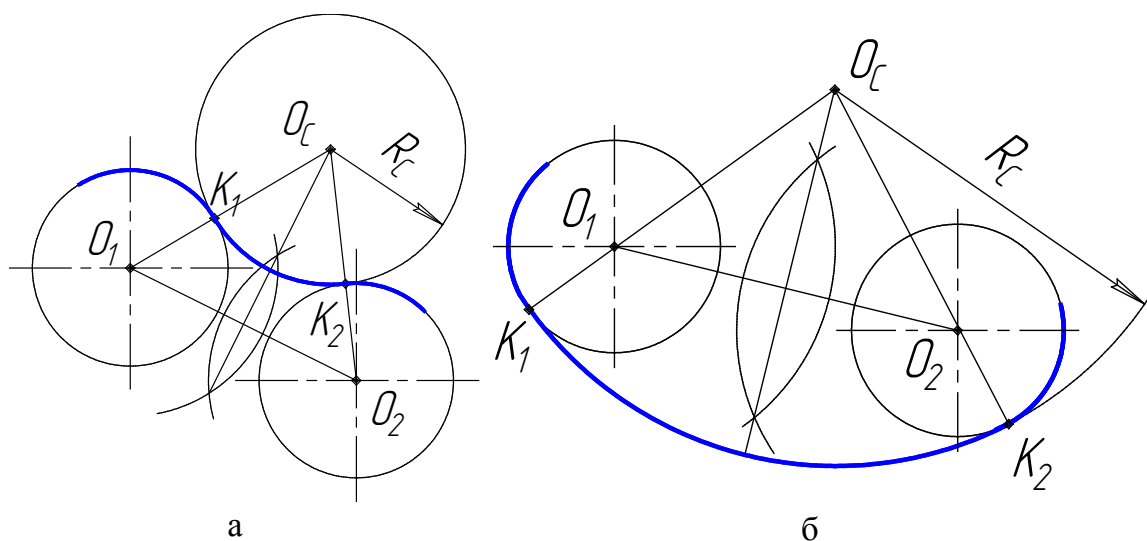


Рис. 21

## 2.2. Сопряжение двух дуг окружности прямой

Оно состоит в построении внешних или внутренних касательных к этим дугам.

Для построения внешней касательной (рис. 22, а) используют первое теоретическое положение (рис. 19, б). Для этого из центра  $O_1$  проводят вспомогательную окружность радиусом, равным разности радиусов  $R_1 - R_2$  заданных окружностей. К ней строят касательную из центра  $O_2$  в точку касания  $K_0$ . Через точки  $O_1$  и  $K_0$  проводят прямую до пересечения с окружностью радиуса  $R_1$  в точке  $K_1$ , являющейся точкой сопряжения. Точку сопряжения  $K_2$  на окружности радиуса  $R_2$  получают, проведя  $O_2K_2 \parallel O_1K_1$ . Соединив точки  $K_1$  и  $K_2$  отрезком, получим касательную.

Построение прямой, имеющей внутреннее касание к окружностям, аналогично предыдущему. Только в этом случае радиус вспомогательной окружности равен сумме радиусов ( $R_1 + R_2$ ) заданных окружностей (рис. 22, б).

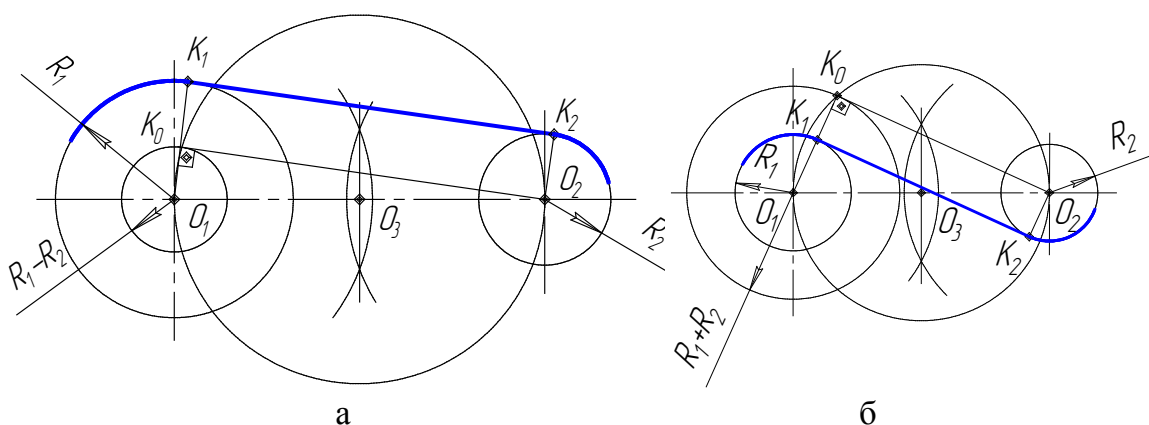


Рис. 22

## 2.3. Сопряжение двух прямых дугой заданного радиуса (скругление углов)

Сопряжение двух прямых, расположенных под острым (рис. 23, а) и тупым (рис. 23, б) углами, выполняют в следующем порядке.

Находят центр  $O_C$  дуги сопряжения в пересечении вспомогательных прямых, которые проводят на расстоянии, равном радиусу сопряжения  $R_C$ , параллельно (см. п. 1.6.) сторонам угла. Используя первое теоретическое положение (см. рис. 19, а) находят точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$ , для этого из точки  $O_C$  проводят

перпендикуляры (см. п. 1.5.) к сторонам угла и сопрягающую дугу радиусом  $R_C$  между точками  $K_1$  и  $K_2$ .

При скруглении прямого угла центр  $O_C$  дуги сопряжения проще находить с помощью циркуля (рис. 23, в). Приняв вершину прямого угла за центр, проводят вспомогательную дугу радиусом сопряжения  $R_C$  между сторонами угла, в результате находят точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$ . Из этих точек проводят дуги радиуса  $R_C$  до взаимного пересечения в точке  $O_C$ , являющейся центром сопряжения. Из центра  $O_C$  проводят сопрягающую дугу между точками  $K_1$  и  $K_2$ .

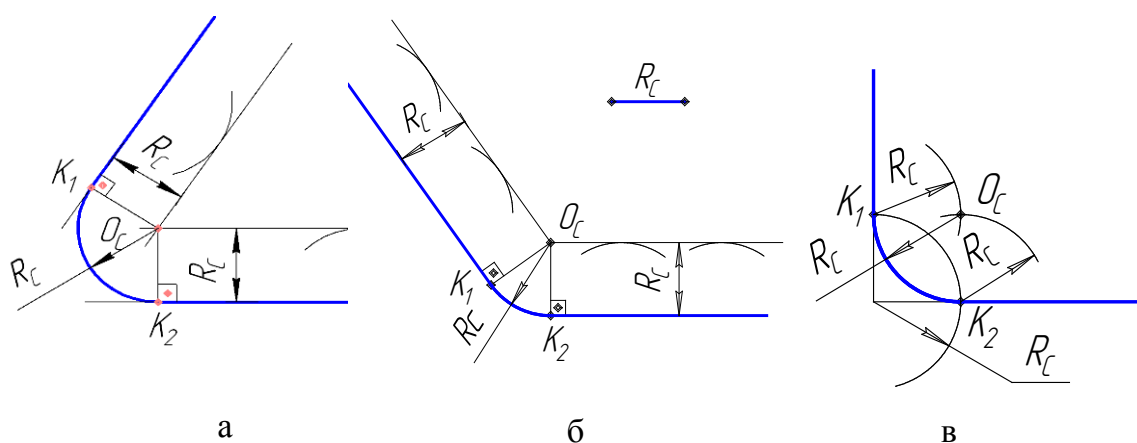


Рис. 23

#### 2.4. Сопряжение двух прямых в случае, когда задана одна из точек сопряжения

В том случае, когда задана точка сопряжения  $K_1$  на одной из прямых (рис. 24, а) находят центр  $O_C$ , радиус  $R_C$  и точку сопряжения  $K_2$  на второй прямой. Для этого используется первое теоретическое положение (рис. 19, а), восстанавливают из точки  $K_1$  перпендикуляр (п.1.4.) и проводят биссектрису угла (п.1.7.).

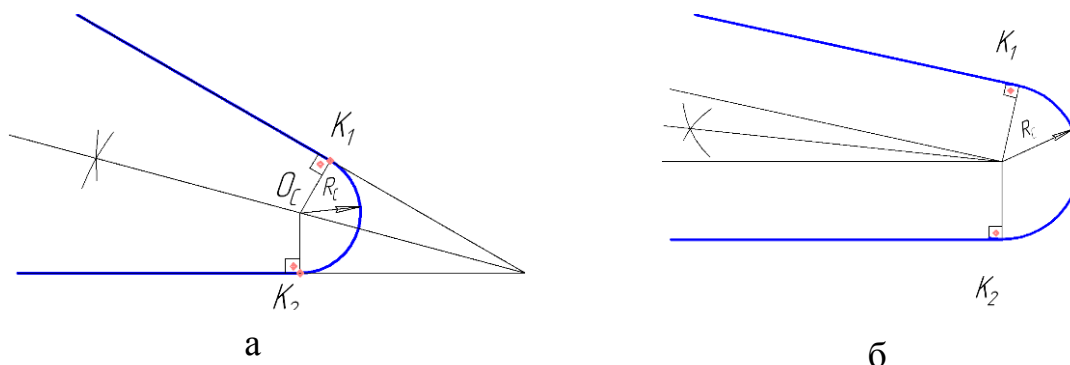


Рис. 24

Точка  $O_C$  их пересечения является центром сопряжения, а  $O_C K_1$  – радиусом сопряжения. Опускают из центра  $O_C$  перпендикуляр (п.1.5.) к другой стороне угла, получают точку сопряжения  $K_2$ . Между точками  $K_1$  и  $K_2$  проводят сопрягающую дугу радиусом  $O_C K_1$ .

В случае, когда точка сопряжения  $K_1$  дана на стороне угла, вершина которого находится за пределами чертежа (рис. 24, б), строят биссектрису (п.1.7.) вспомогательного угла, стороны которого параллельны сторонам заданного угла и находятся на равных расстояниях от них.

### 2.5. Сопряжение параллельных прямых

В случае, когда задана точка сопряжения  $K_1$  на одной из параллельных прямых (рис. 25), определение точки сопряжения  $K_2$  на второй прямой осуществляется с помощью перпендикуляра, восстановленного из точки  $K_1$  (см. п. 1.4.). Центр  $O_C$  и радиус  $R_C$  сопрягающей дуги находят, разделив отрезок  $K_1 K_2$  пополам (см. п. 1.1.). Из центра  $O_C$  проводят сопрягающую дугу, соединяющую точки  $K_1$  и  $K_2$  радиусом  $R_C = O_C K_1 = O_C K_2$ .

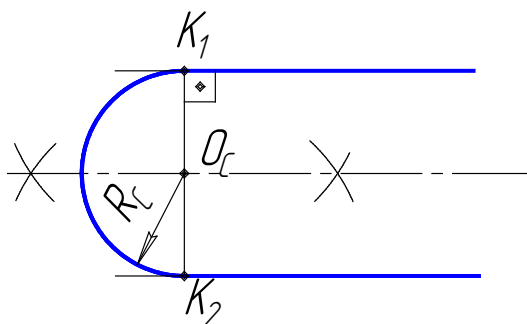


Рис. 25

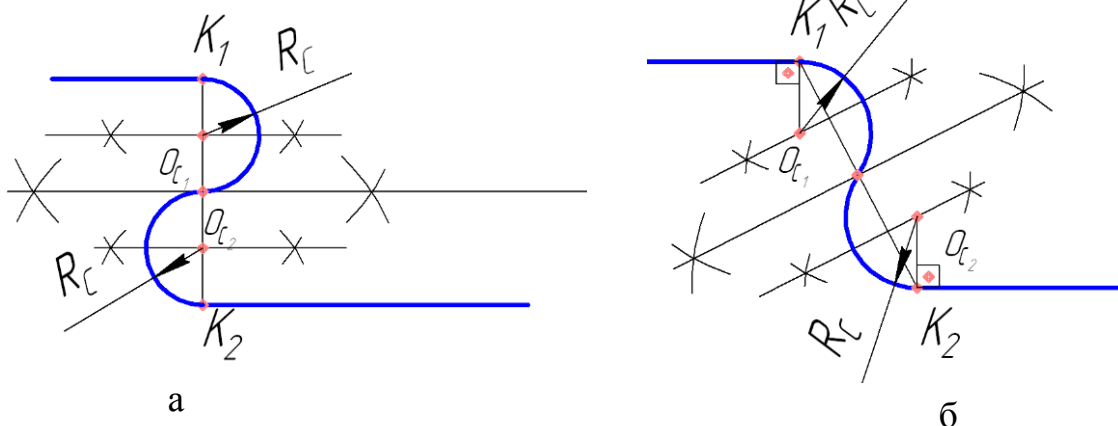


Рис. 26

Точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$  могут быть даны на обеих параллельных прямых, которые направлены от них в разные стороны.

Точки сопряжения могут быть расположены на одном перпендикуляре к прямым или на разных.

Сопряжения параллельных прямых при расположении точек сопряжения на одном перпендикуляре к ним выполняют дугами одинаковых радиусов, равных  $\frac{1}{4}$  расстояния между ними (рис. 26, а). Разделив отрезок  $K_1K_2$  пополам (п.1.2.), находят точку  $K_3$  касания сопрягающих дуг. Центры  $O_{C1}$  и  $O_{C2}$  сопрягающих дуг находят в серединах каждого из отрезков  $K_1K_3$  и  $K_2K_3$  (п.1.2.). Из центров  $O_{C1}$  и  $O_{C2}$  проводят сопрягающие дуги радиуса  $R_C = K_1K_2/4$ .

Случай, когда точки сопряжения заданы на разных перпендикулярах к параллельным прямым рассматриваются при выполнении архитектурных обломов (рис. 26, б) [1].

## 2.6. Сопряжение дуги окружности и прямой дугой заданного радиуса

При построении сопряжений прямых с дугами окружностей различают случаи внешнего и внутреннего касания.

Внешнее касание (рис. 27). Определяют центр  $O_C$  дуги сопряжения. Для этого проводят вспомогательную прямую параллельно заданной прямой (см. п. 1.6.) на расстоянии, равном радиусу  $R_C$  дуги сопряжения. Из центра  $O_1$  заданной окружности проводят вспомогательную дугу радиусом  $R_1 + R_C$  до пересечения с вспомогательной прямой. Точка пересечения и есть центр  $O_C$  дуги сопряжения. Точку сопряжения  $K_2$  определяют, используя первое теоретическое положение (см. рис. 19, а), т.е. из центра  $O_C$  опускают перпендикуляр (см. п. 1.5.) на заданную прямую. Точку сопряжения  $K_1$  определяют по второму теоретическому положению (см. рис. 20, а), т.е. в пересечении линии центров  $O_1O_C$  с заданной окружностью. Завершают построение проведением сопрягающей дуги  $R_C$  между точками  $K_1$  и  $K_2$ .

При внутреннем касании прямая может пересекать окружность или проходить вне ее.

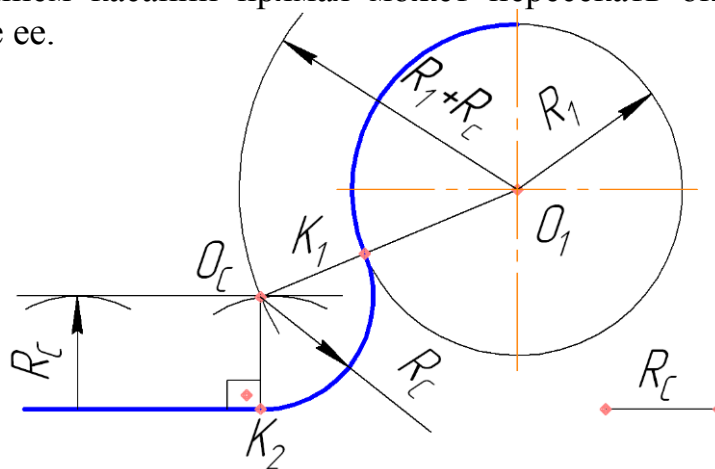


Рис. 27



На рис. 28, а показано построение сопряжения дуги окружности радиуса  $R_1$  с прямой, пересекающей окружность. Определяют центр дуги сопряжения  $O_C$ . Для этого на расстоянии, равном радиусу сопряжения  $R_C$ , проводят вспомогательную прямую, параллельную данной (см. п. 1.6.), и вспомогательную дугу окружности радиуса  $R_1 - R_C$ , концентрическую данной, до взаимного пересечения. Точка пересечения и есть центр  $O_C$  дуги сопряжения. Точку пересечения  $K_2$  определяют по первому теоретическому положению (см. рис. 19, а), а  $K_1$  – по второму теоретическому положению (см. рис. 20, б).

На рис. 28, б показано построение сопряжения дуги окружности с прямой, не пересекающей окружность. Построения аналогичны предыдущим (рис. 28, а), но радиус вспомогательной окружности равен разности радиусов дуг сопряжения и заданной окружности  $R_C - R_1$ .

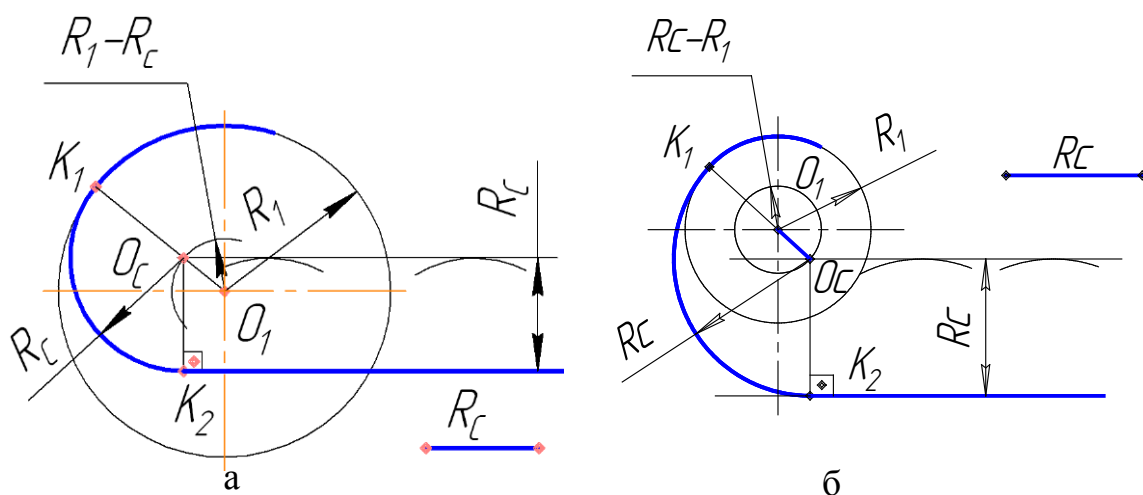


Рис. 28

### 2.7. Сопряжение дуги окружности с прямой дугой в случае, когда задана точка сопряжения

Точка сопряжения может находиться на заданных окружности или прямой. В начале рассмотрим варианты сопряжения, когда точка сопряжения  $K_1$  находится на заданных окружностях, рис. 29, а, б и в.

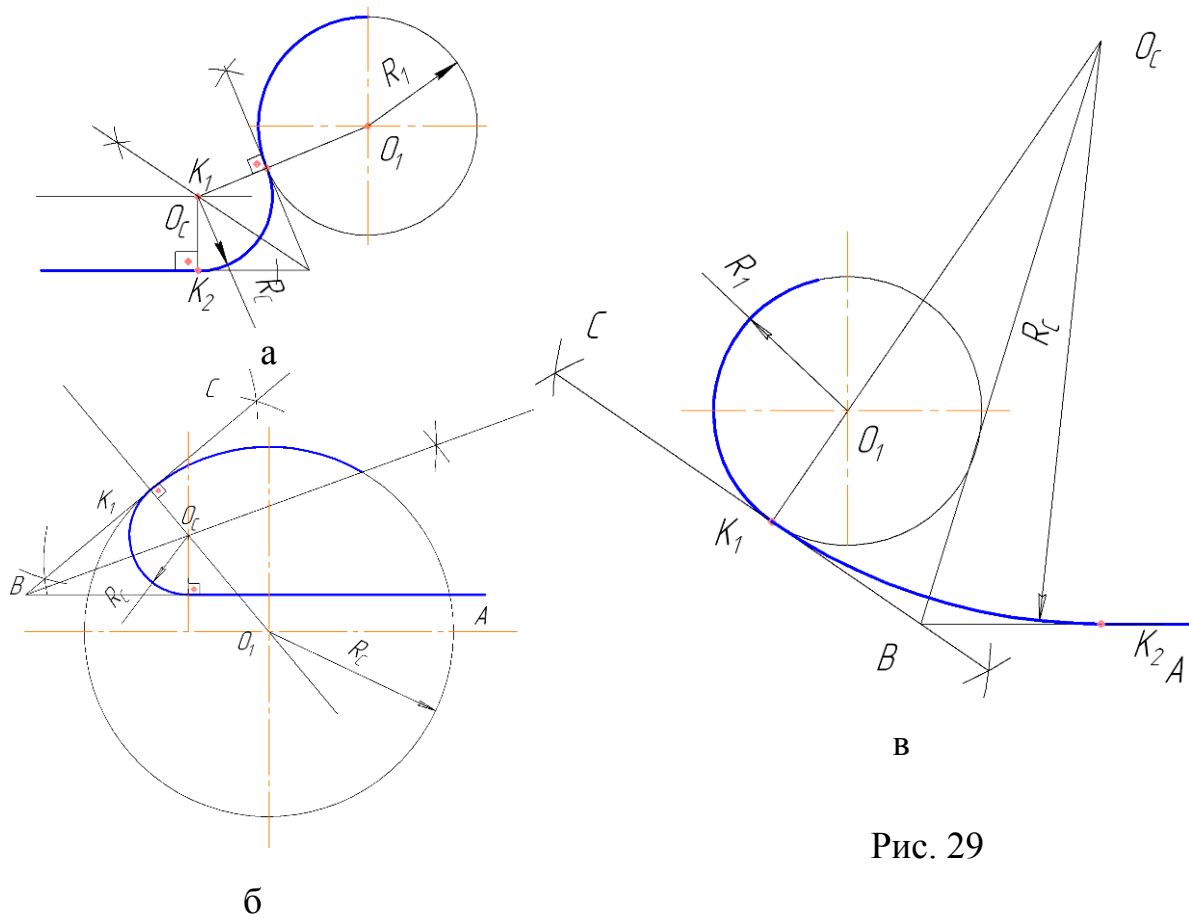


Рис. 29

На рис. 29, а показано внешнее сопряжение. Для этого определяют центр  $O_C$  и радиус  $R_C$  дуги сопряжения. Построение данного сопряжения приводят к скруглению угла  $ABC$ . Для этого используют первое теоретическое положение (рис. 19, а), проводят касательную к окружности в точке  $K_1$  (п.1.2.) перпендикулярно к радиусу  $O_1K_1$ . Далее выполняют построения, как показано на рис. 24, а (п.2.4.) – скругление угла  $ABC$  при заданной точке сопряжения  $K_1$ .

Аналогично строят внутреннее сопряжение в случае, когда прямая пересекает окружность (рис. 29, б), или проходит вне её (рис. 29, в).

В том случае, когда точка сопряжения  $K_2$  находится на заданной прямой, для выполнения сопряжения определяют положение центра  $O_C$ , используя третье теоретическое положение при внешнем сопряжении (рис. 21, а) или внутреннем (рис. 21, б). По второму теоретическому положению (рис. 20) находят точку сопряжения  $K_1$  на заданной окружности.

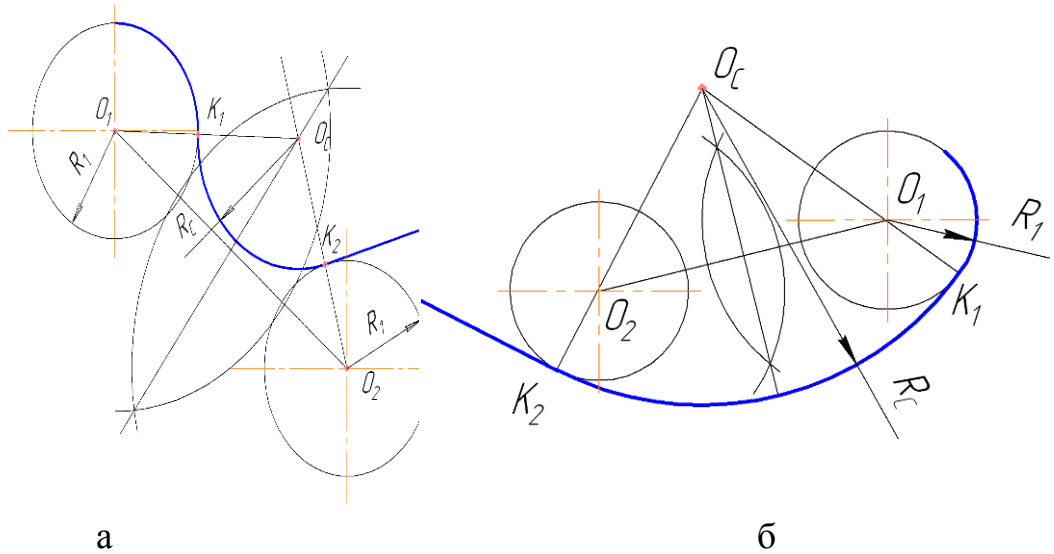


Рис. 30

Построение сопряжения проводят в следующей последовательности. Из точки  $K_2$  к заданной прямой восстанавливается перпендикуляр (п.1.4.), на котором для внешнего сопряжения (рис. 30, а) от точки  $K_2$  радиус  $R_1$  откладывают вниз от заданной прямой, а при внутреннем сопряжении (рис. 30, б) вверх, в результате определяют центр  $O_2$  вспомогательной окружности. Проводим линию центров  $O_1O_2$ . Центр  $O_C$  дуги сопряжения определяется в пересечении серединного перпендикуляра линии центров с перпендикуляром, проведённым через точку  $K_2$ . Точка сопряжения  $K_1$  находится в пересечении линии центров  $O_1O_C$  с заданной окружностью. Завершаем построение проведением сопрягающей дуги  $R_C$  между точками  $K_1$  и  $K_2$ .

## 2.8. Сопряжение двух дуг окружностей третьей дугой заданного радиуса

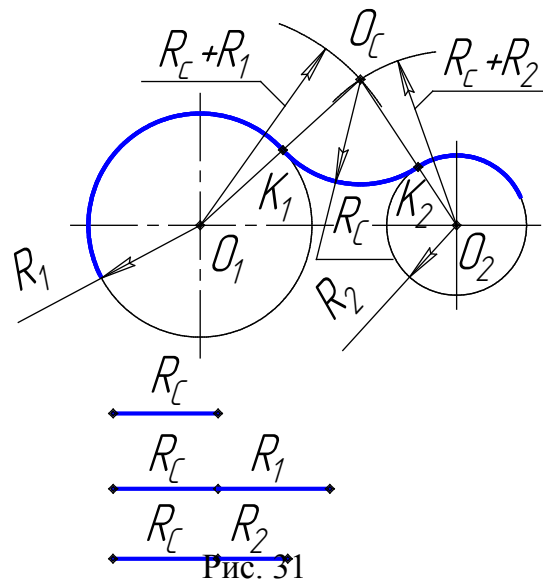
Сопряжение двух дуг окружностей третьей дугой может быть внешним, внутренним и смешанным. При заданных радиусах  $R_1$  и  $R_2$  сопрягаемых дуг и радиуса  $R_C$  дуги сопряжения находят центр  $O_C$  и точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$ .

### 2.8.1. Внешнее сопряжение (рис. 31)

Вначале находят центр  $O_C$  дуги сопряжения в пересечении вспомогательных дуг радиусов  $R_C+R_1$  и  $R_C+R_2$ , проведенных соответственно из центров заданных окружностей  $O_1$  и  $O_2$ . Точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$  находят на линиях центров  $O_CO_1$  и  $O_CO_2$  в

пересечении с дугами заданных окружностей, т.е. используют второе теоретическое положение (см. рис. 20, а). Сопрягающую дугу радиусом  $R_C$  проводят из центра  $O_C$  между точками  $K_1$  и  $K_2$ .

Для определения суммы (разности) радиусов используют вспомогательную прямую, на которой с помощью циркуля откладывают соответствующие радиусы.



### 2.8.2. Внутреннее сопряжение (рис. 32)

Центр сопряжения  $O_C$  находят в пересечении вспомогательных дуг радиусов  $R_C - R_1$  и  $R_C - R_2$ , проведенных из центров  $O_1$  и  $O_2$ , а точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$  определяют в пересечениях заданных дуг окружностей с линиями центров  $O_C O_1$  и  $O_C O_2$ , т.е. используют второе теоретическое положение (см. рис. 20, б). Сопрягающую дугу радиусом  $R_C$  проводят из центра  $O_C$ .

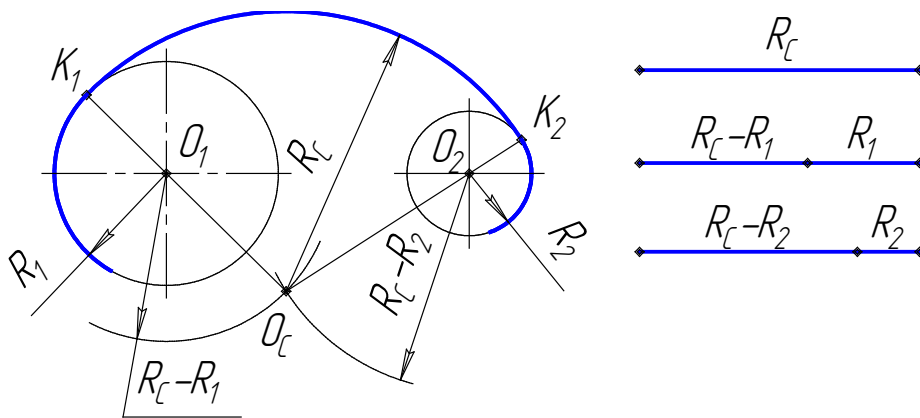


Рис. 32

### 2.8.3. Смешанное сопряжение (рис. 33 а и б)

В первом случае (рис. 33, а) внешнее сопряжение принимают для дуги окружности радиуса  $R_2$ , а внутреннее сопряжение для дуги окружности радиуса  $R_1$ . Центр дуги сопряжения  $O_C$  определяют в пересечении вспомогательных дуг радиусов  $R_C+R_2$  и  $R_C-R_1$ , проведенных соответственно из центров заданных дуг окружностей  $O_2$  и  $O_1$ . Точки сопряжения  $K_1$  и  $K_2$  определяют в пересечениях дуг заданных окружностей с линиями центров  $O_C O_1$  и  $O_C O_2$ , т.е. используя второе теоретическое положение (см. рис. 20). Сопрягающую дугу проводят радиусом  $R_C$  из центра  $O_C$  между точками сопряжения  $K_1$  и  $K_2$ .

Следует учитывать, что радиус сопряжения  $R_C$  для вариантов, когда центры дуг находятся достаточно близко друг к другу и окружности взаимно пересекаются (рис. 33, б), всегда меньше радиусов  $R_1$  и  $R_2$  дуг заданных окружностей.

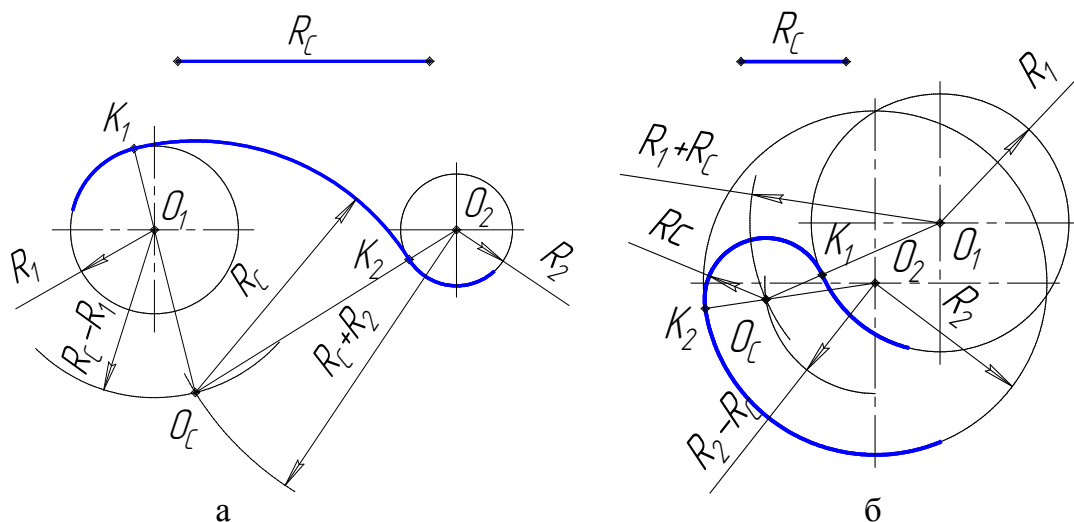


Рис. 33

### 2.9. Варианты сопряжений двух дуг окружностей третьей дугой, когда задана точка сопряжения $K_1$

Построения сопряжений двух окружностей основано на третьем теоретическом положении (рис. 20, а и б). Они показаны при внешнем сопряжении на рис. 34, а, при внутреннем – на рис. 34, б и при смешанном – на рис. 34, в.

Последовательность построения сопряжений следующая. На прямой  $O_1 K_1$  от точки  $K_1$  откладывают величину радиуса  $R_2$  и получают центр  $O_3$  вспомогательной окружности радиуса  $R_2$ . Проводят серединный перпендикуляр (п.1.2.) к линии центров  $O_2 O_3$  до пересечения с прямой  $O_1 K_1$ . Точка пересечения является центром  $O_C$  дуги радиуса сопряжения. Точка сопряжения  $K_2$  определяется в

пересечении линии центров  $O_C O_2$  с дугой окружности радиуса  $R_2$ . Затем проводят сопрягающую дугу радиусом  $R_C$  из центра  $O_C$  между точками  $K_1$  и  $K_2$ .

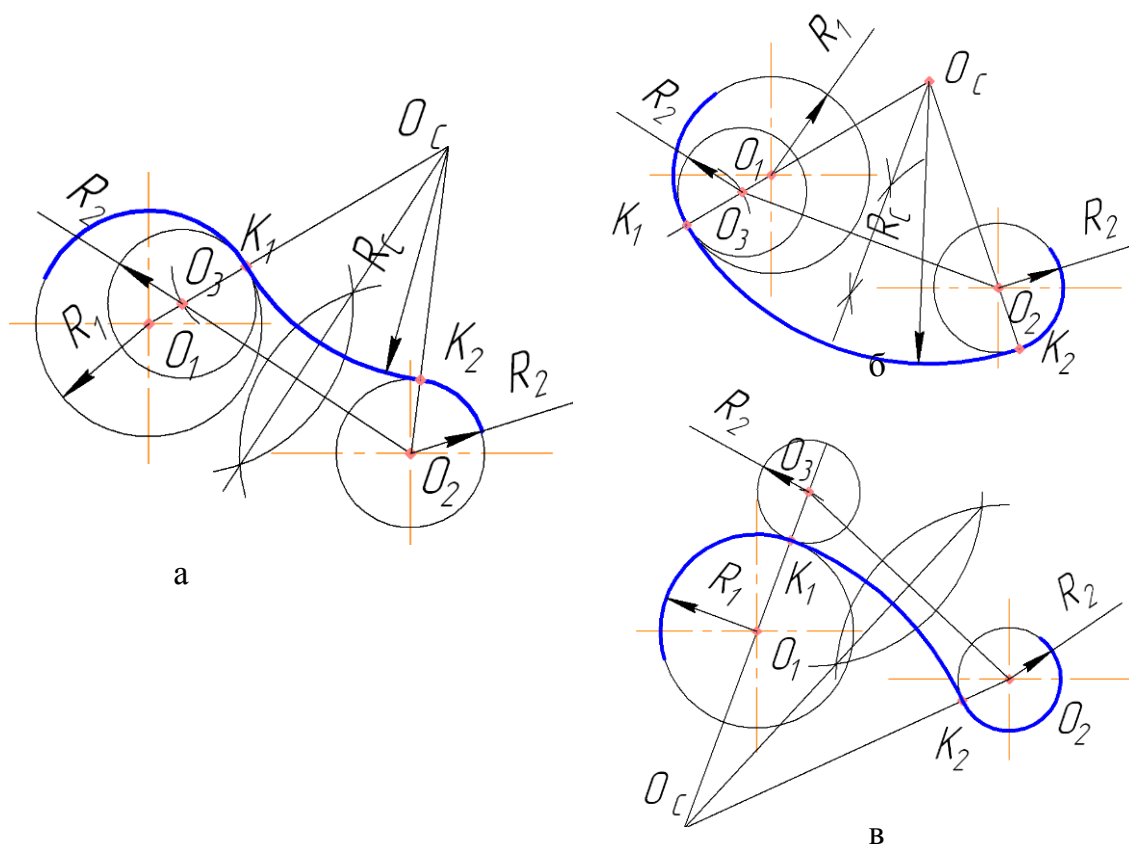


Рис. 34

## 2.10. Построение контура технической детали

Задание для вычерчивания контура технической детали основано на применении правил построения видов сопряжений, составляющих контур. Построение чертежа детали следует начинать с анализа геометрических элементов детали, выявления геометрических построений, чтения видов сопряжений, составляющих контур детали, определения его габаритных размеров, которые определяют выбор масштаба изображения и его компоновку на выбранном формате листа.

Выполнение чертежа детали рекомендуется проводить в такой последовательности:

- 1) нанести осевые и центровые линии;
- 2) провести окружности, центры которых расположены на пересечении центровых линий;
- 3) провести прямые линии;

4) выполнить сопряжения с указанием вспомогательных геометрических построений, необходимых для определения центров и точек сопряжения;

5) нанести размеры.

Вспомогательные построения рекомендуется оставить на чертеже для проверки преподавателем.

После проверки чертеж обводят карандашом. Последовательность обводки чертежа:

1) осевые и центровые линии;

2) окружности и дуги, в том числе и дуги сопряжений (начинать следует с дуг и окружностей больших размеров);

3) горизонтальные, вертикальные и наклонные осевые линии;

4) сплошные тонкие линии;

5) стрелки, размерные числа, подписи и пр.

Вычерчивание чертежа детали, контур которой имеет симметричную форму и включает несколько видов сопряжений проводят в следующей последовательности (рис. 35, а):

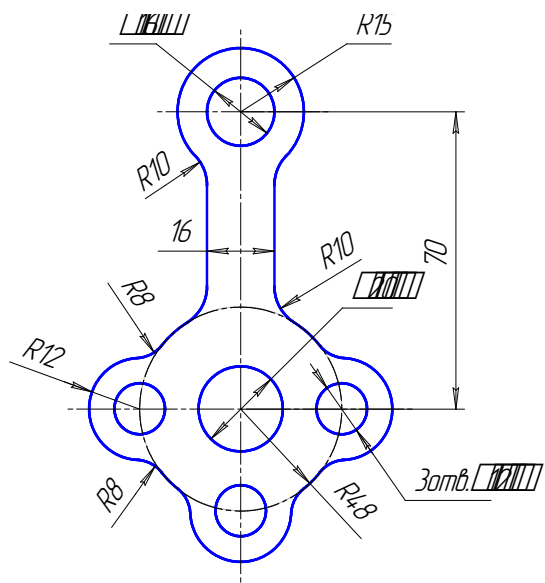
а) проводят ось симметрии (посередине листа формата) и все центровые линии (рис. 35, б);

б) из центров  $O$ ,  $O_1$  и  $O_2$  проводят все окружности и дуги по заданным размерам. Параллельно оси симметрии проводят прямые линии на заданном расстоянии (рис. 35, в);

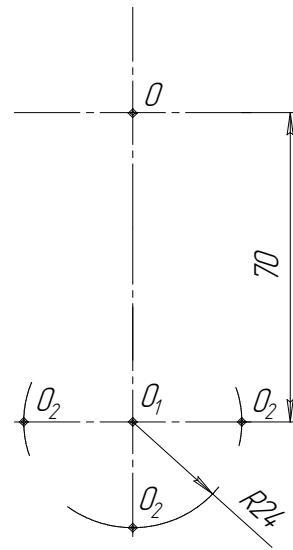
в) находят центры дуг и точки сопряжения по правилам, рассмотренным в п. п. 2.6. и 2.8.1. (рис. 35, г);

г) контур обводится в такой последовательности: дуги сопряжений, основные окружности и дуги, прямые линии;

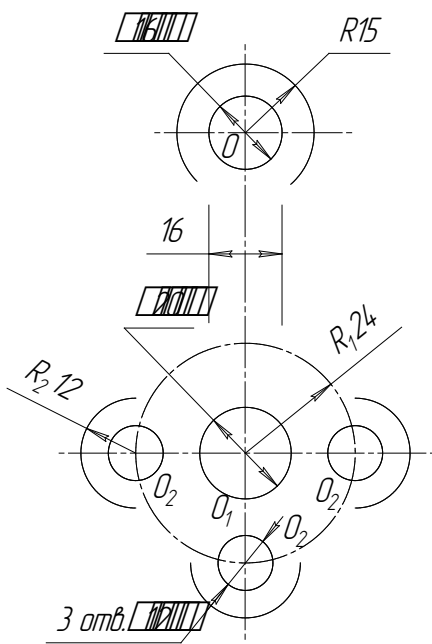
д) наносятся выносные и размерные линии и проставляются размерные числа (руководствуясь требованиями ГОСТ 2.307-68) (рис. 35, з).



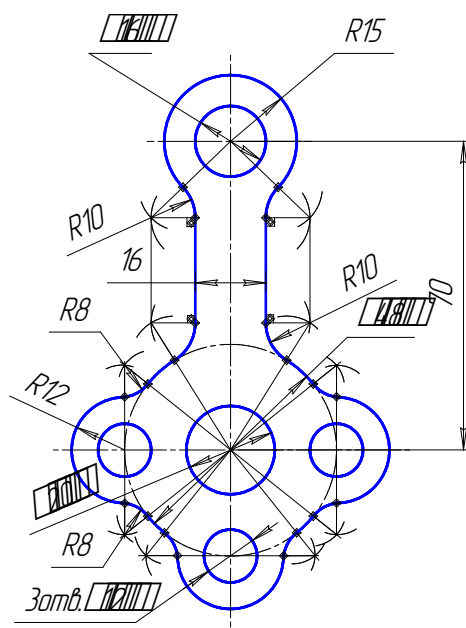
**a**



**б**



**в**



**г**

Рис. 35



На рис. 36 выполнен чертёж собачки, форма контура которой связана с функциональной деятельностью всего механизма. Инженерные расчёты механизма показали, что три точки сопряжения контура собачки  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  полностью определяют бесперебойное функционирование механизма. В этом случае определяют на основании правил выполнения сопряжений п.2.9. два радиуса внешнего сопряжения  $R_1$  и  $R_2$  и радиус внутреннего сопряжения  $R_3$ .

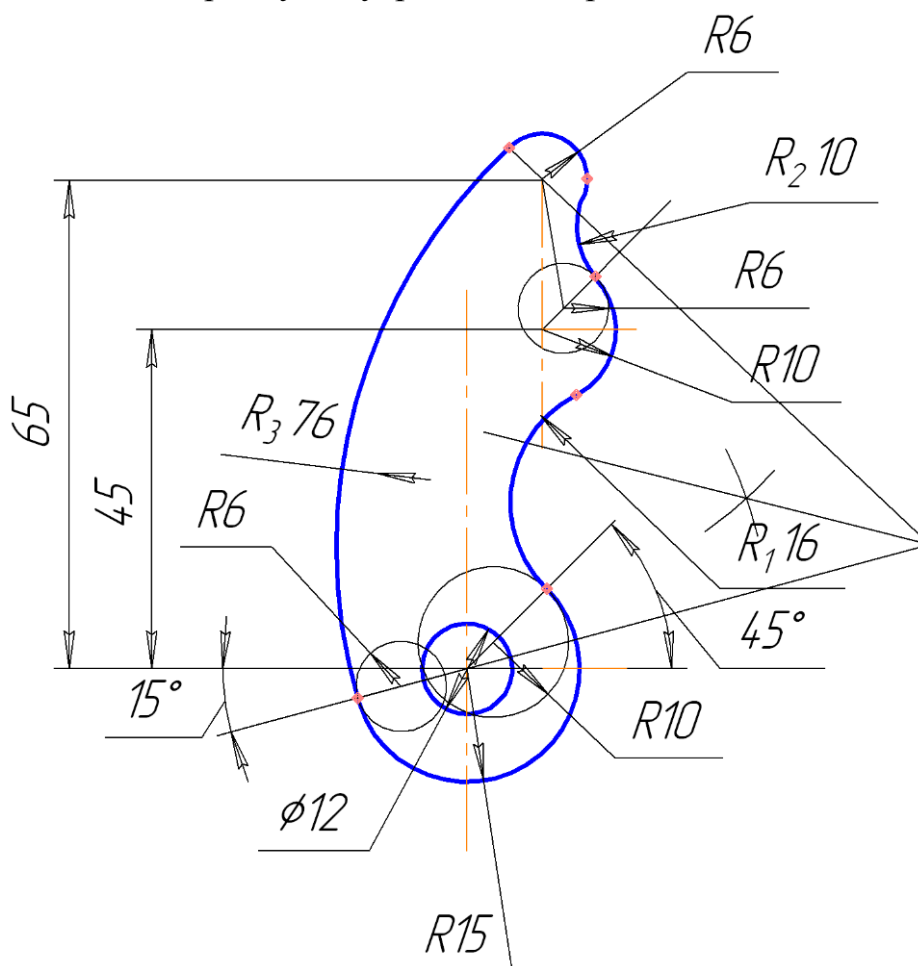


Рис. 36

### **3. Литература**

1. Борисов Д. М. Черчение. Учеб. Пособие для специалистов пед. ин-тов по спец №2109 «Черчение, изобразит. искусство и труд»/ Д. М. Борисов, Е. А. Василенко, Б. А. Ляпунов, М. Н. Макарова; Под ред. Д. М. Борисова. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Просвещение, 1987. – 351с., ил.
2. Баранова Л. А. Основы черчения: Учебник для техникумов./ Л. А. Баранова, А. П. Панкевич./ М.: Высш. школа, 1987. – 287 с., ил.
3. Задачник по машиностроительному черчению: Учеб. Пособие для вузов/Б.Л.Степанов, Н.Н. Тихонова, А.Н.Трунова и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 64 с.: ил.

### **4. Приложение**

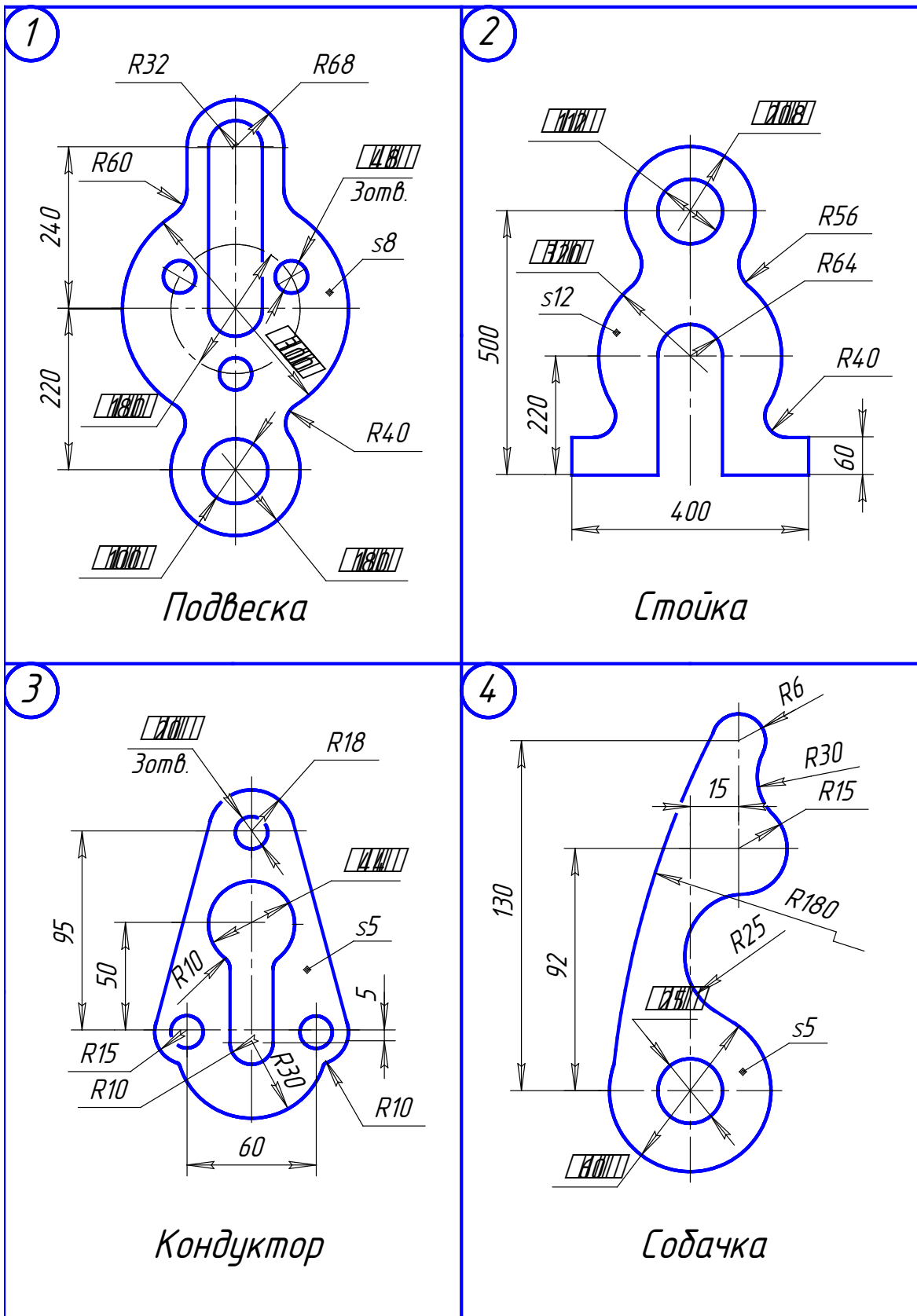
Упражнения для вычерчивания изображений контуров деталей и нанесение на них размеров.

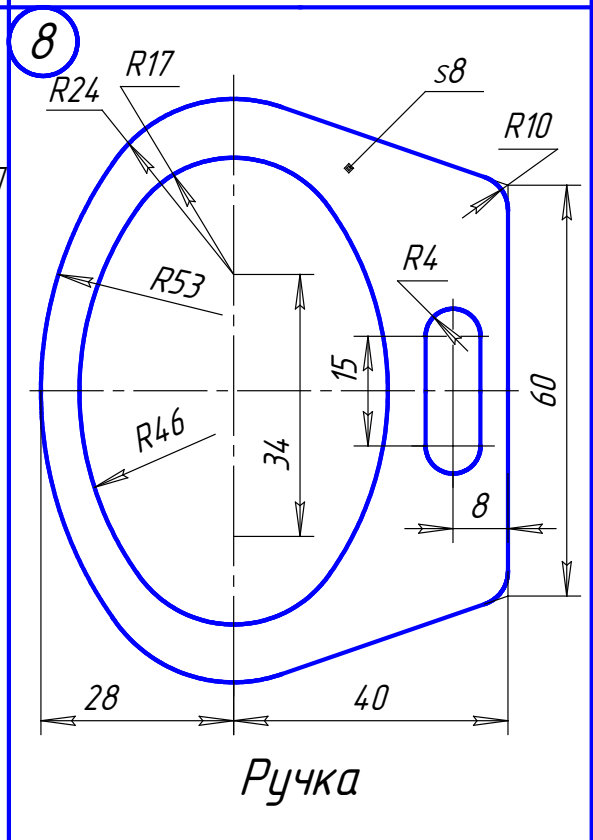
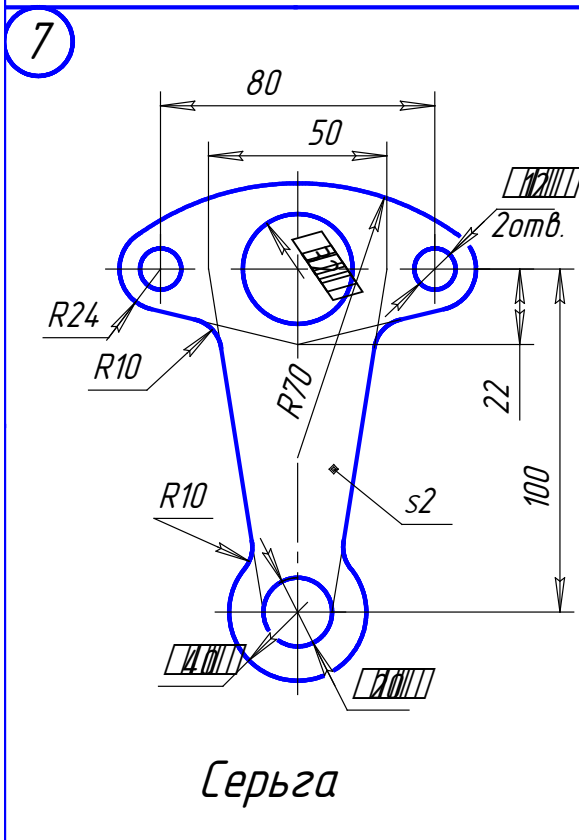
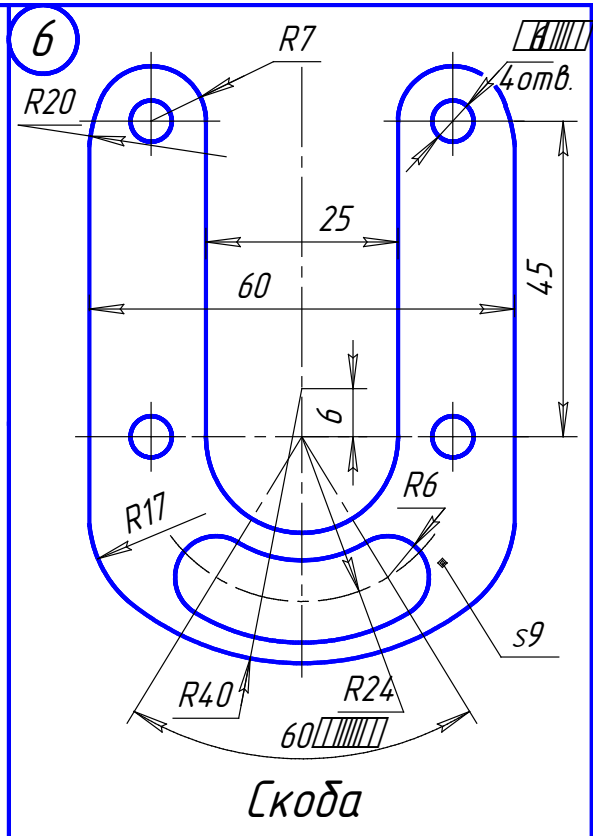
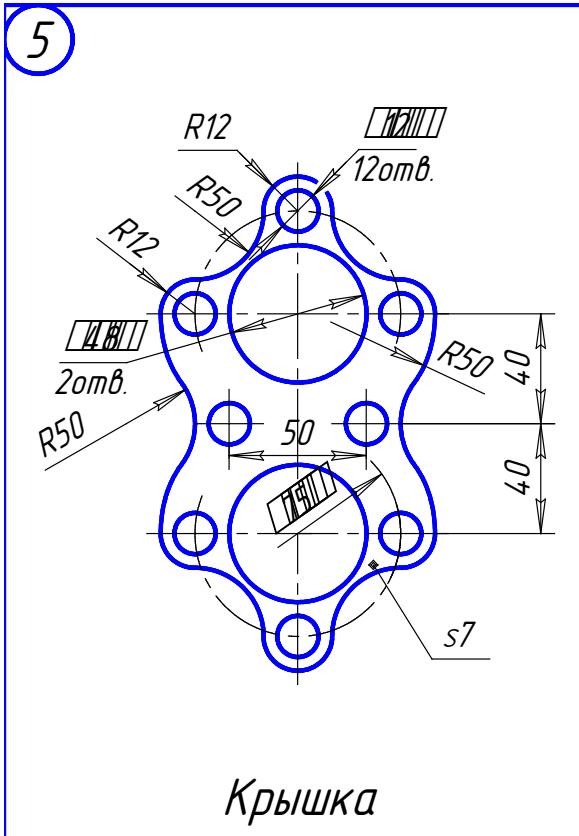
## Оглавление

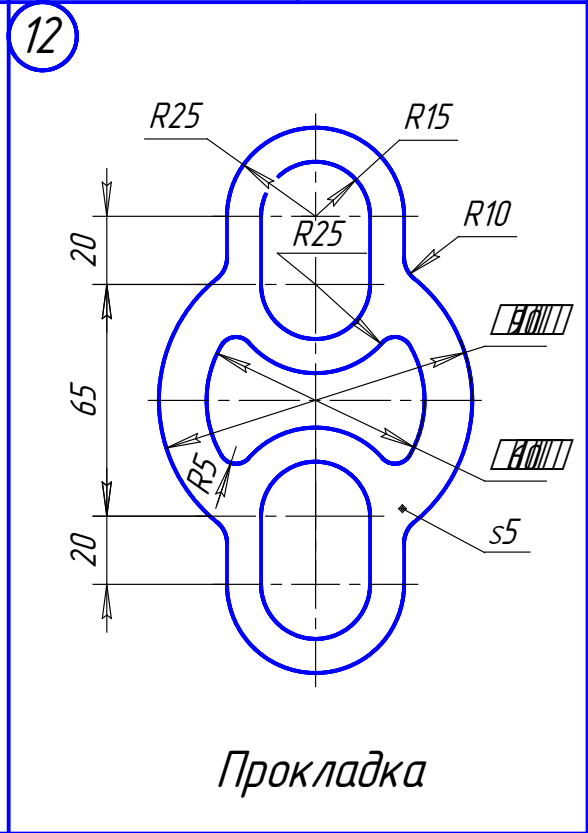
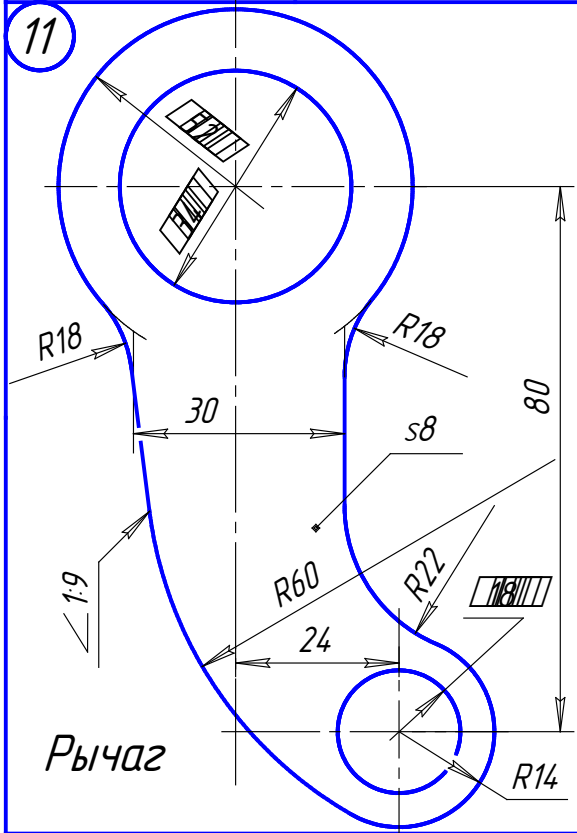
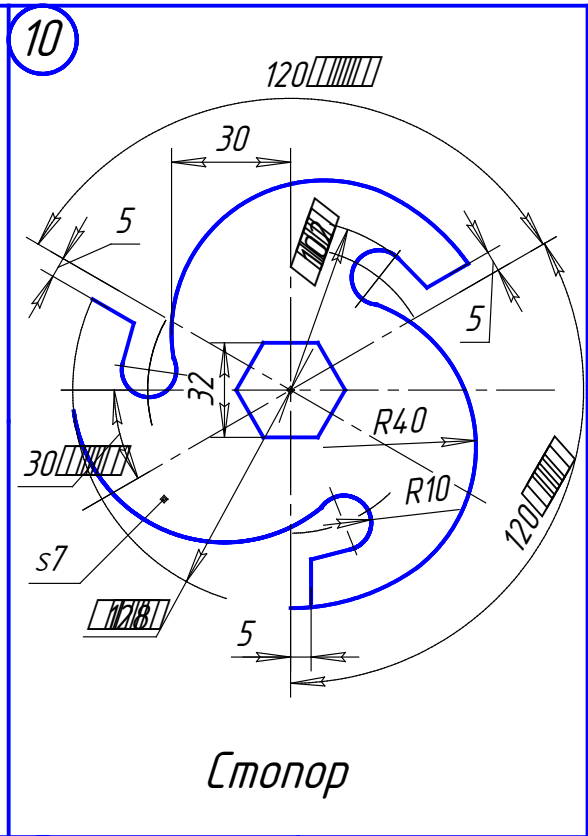
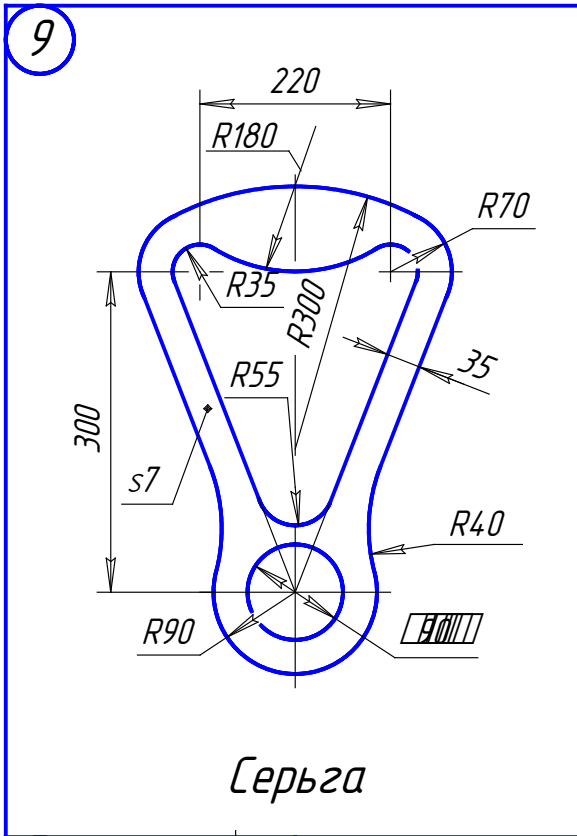
|   |    |
|---|----|
| 1. Геометрические построения  |    |
| 1.1. Деление отрезка $AB$ пополам   | 3  |
| 1.2. Определение центра и радиуса дуги окружности   | 3  |
| 1.3. Деление отрезка $AB$ на равные части   | 4  |
| 1.4. Построение перпендикуляра из точки $A$ к прямой $MN$                                       | 4  |
| 1.5. Построение перпендикуляра из точки $C$ на прямую $MN$                                      | 4  |
| 1.6. Построение прямой $AB$ , параллельной прямой $MN$ на заданном расстоянии                   | 4  |
| 1.7. Деление угла $BAC$ пополам   | 5  |
| 1.8. Построение прямых под заданными углами: $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $75^\circ$  | 5  |
| 1.9. Деление окружности на равные части   | 6  |
| 1.10. Замечательные линии и точки треугольника  | 8  |
| 1.10.1. Определение центра радиуса описанной окружности треугольника                            | 8  |
| 1.10.2. Определение центра радиуса вписанной окружности треугольника                            | 8  |
| 1.10.3. Определение ортоцентра треугольника   | 8  |
| 1.10.4. Определение центра тяжести треугольника   | 8  |
| 1.11. Построение уклонов и конусности   | 9  |
| 2. Сопряжение   |    |
| 2.1. Основные определения и теоретические положения   | 11 |
| 2.2. Сопряжение двух дуг окружности прямой  | 13 |
| 2.3. Сопряжение двух прямых дугой заданного радиуса (скругление углов)                          | 13 |
| 2.4. Сопряжение двух прямых в случае, когда задана одна из точек сопряжения                     | 14 |
| 2.5. Сопряжение параллельных прямых   | 15 |
| 2.6. Сопряжение дуги окружности и прямой дугой заданного радиуса                                | 16 |
| 2.7. Сопряжение дуги окружности с прямой дугой в случае, когда задана точка сопряжения          | 17 |
| 2.8. Сопряжение двух дуг окружностей третьей дугой заданного радиуса                            | 19 |
| 2.8.1. Внешнее сопряжение   | 19 |
| 2.8.2. Внутреннее сопряжение  | 20 |
| 2.8.3. Смешанное сопряжение   | 21 |
| 2.9. Варианты сопряжений двух дуг окружностей третьей дугой, когда задана точка сопряжения $KI$ | 21 |

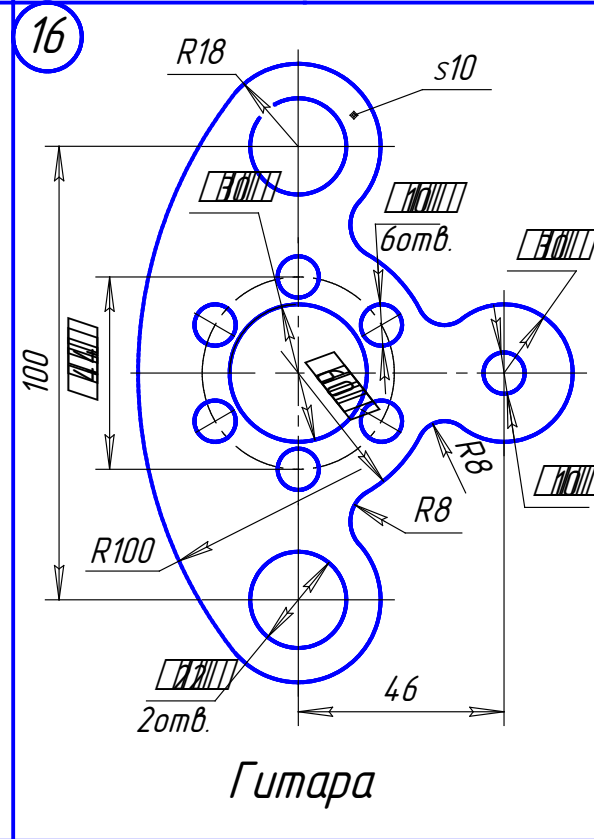
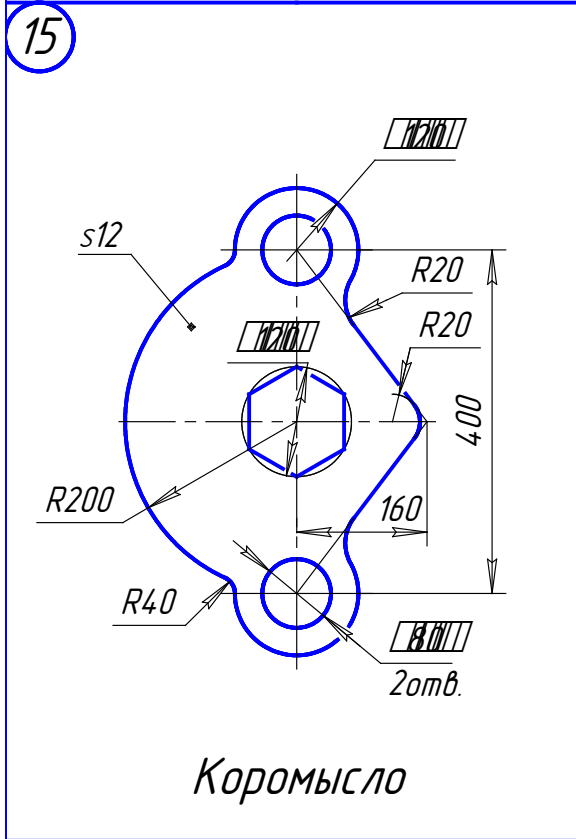
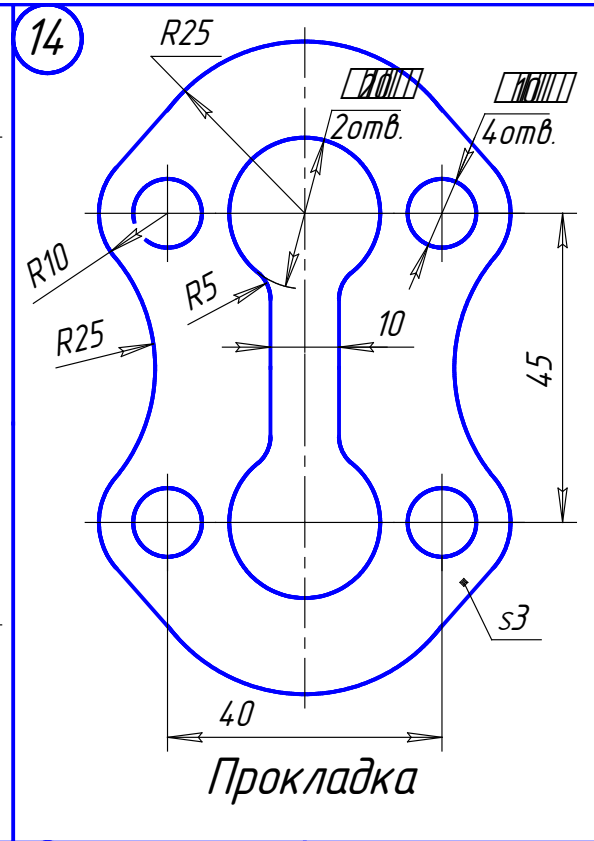
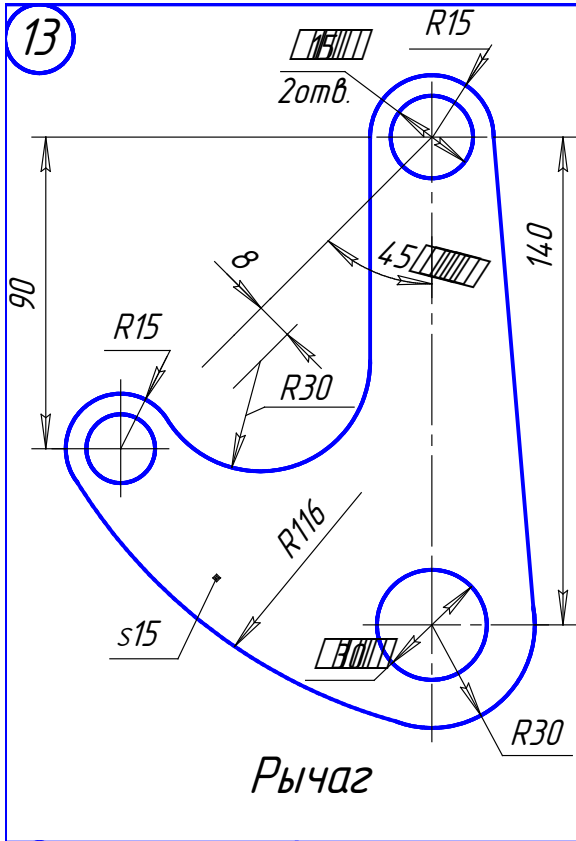
|  |    |
|--|----|
| <i>2.10. Построение контура технической детали</i> | 22 |
| 3. Литература                                      | 26 |
| 4. Приложение                                      | 26 |

Приложение



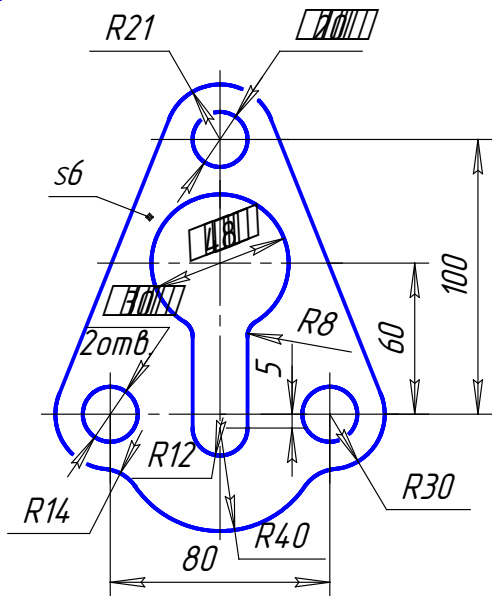






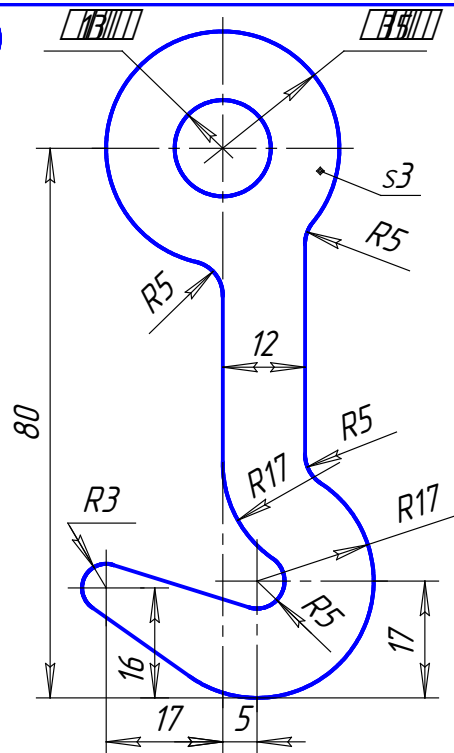


17



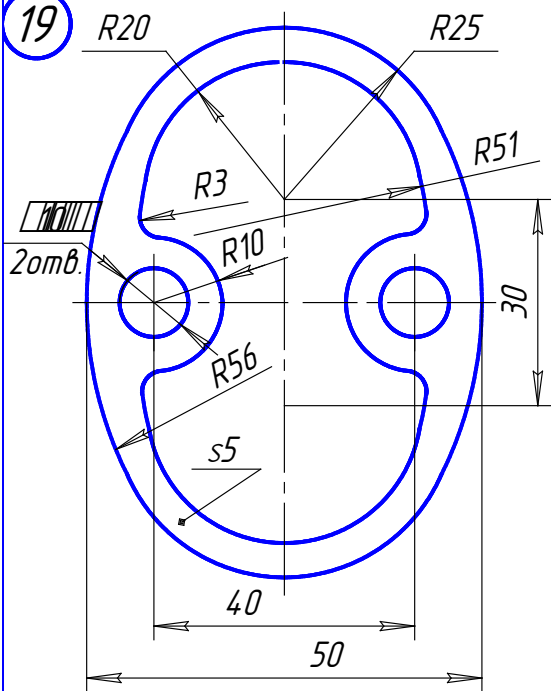
Прокладка

18



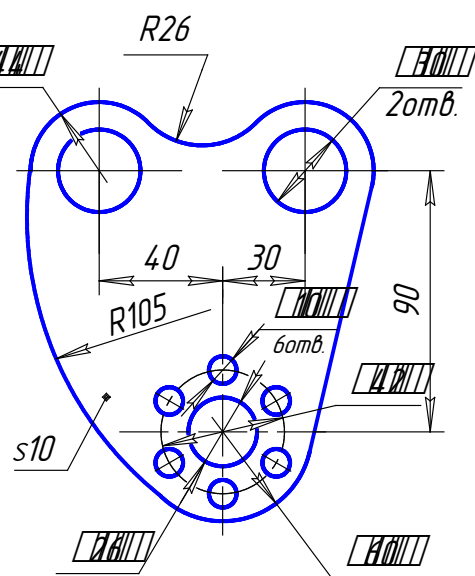
Крючок

19

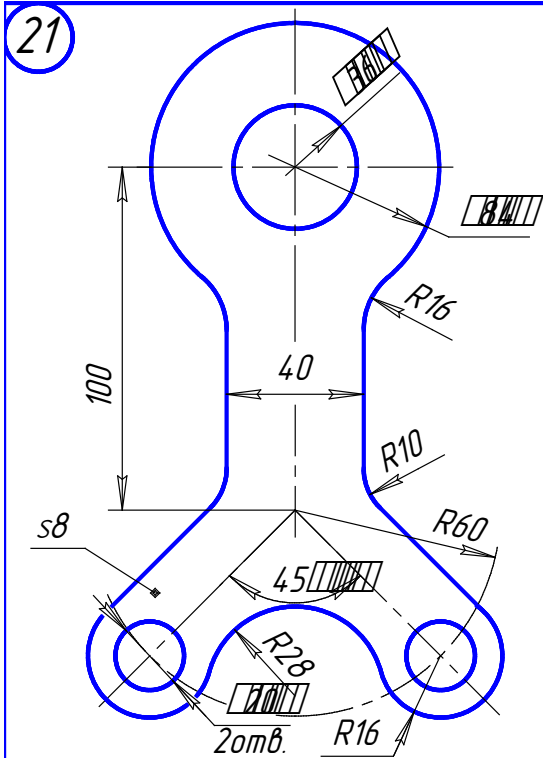


Прокладка

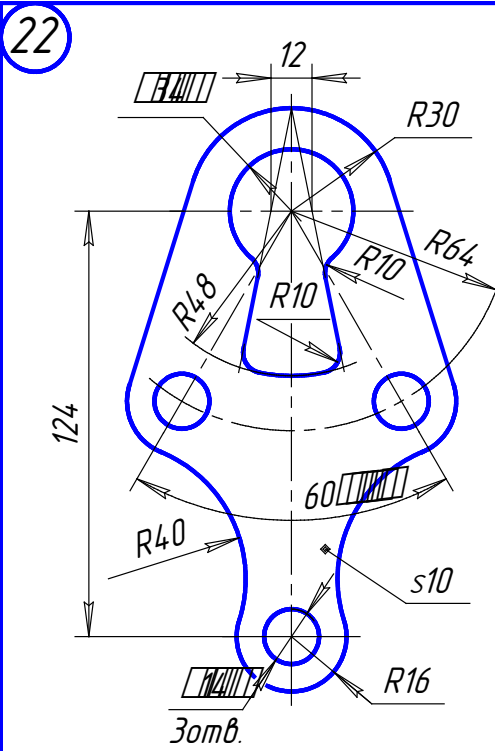
20



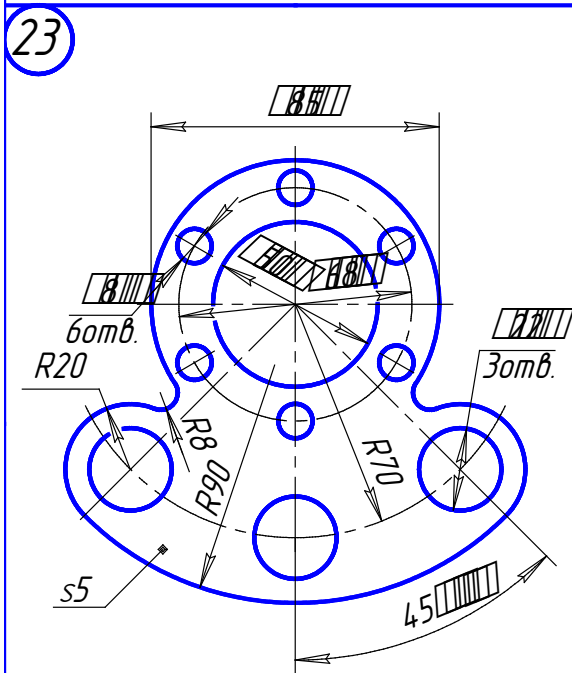
Ушко



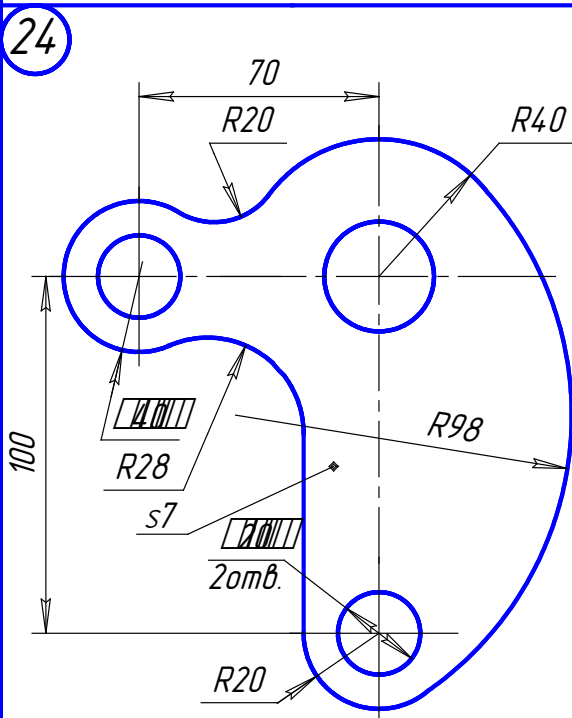
Водило



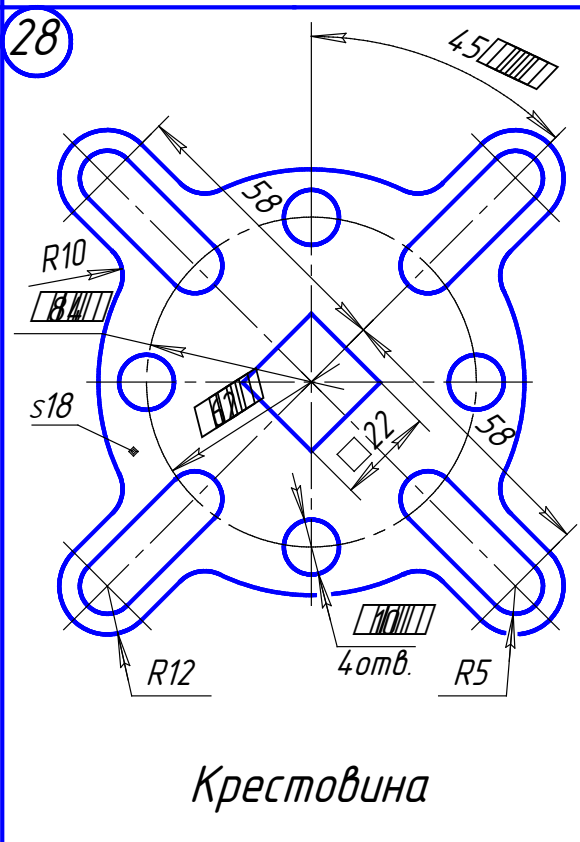
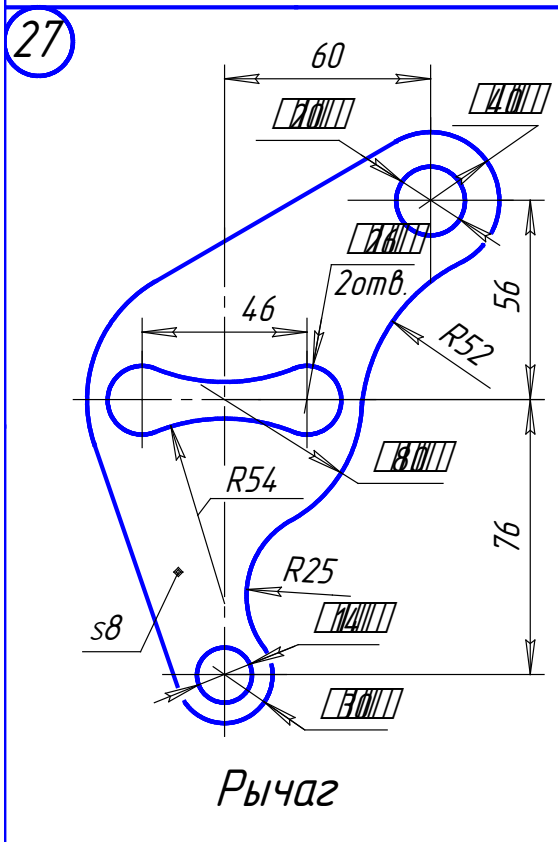
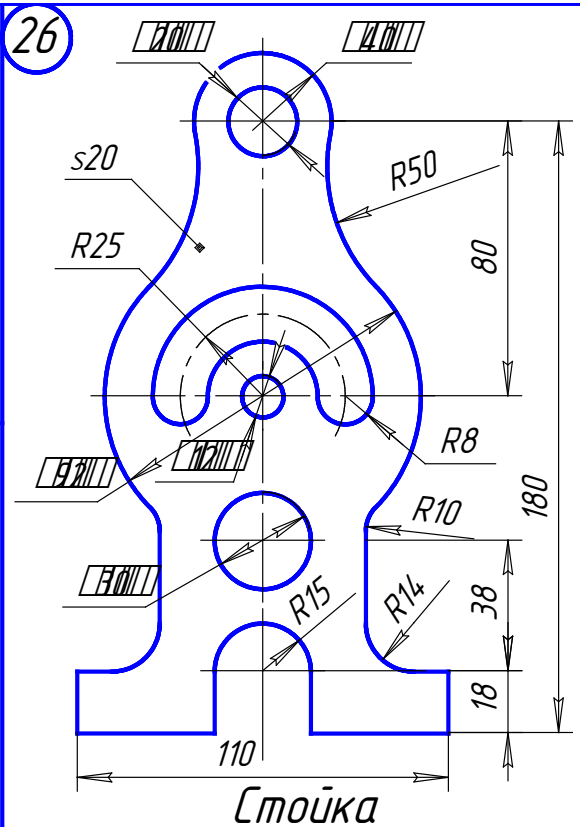
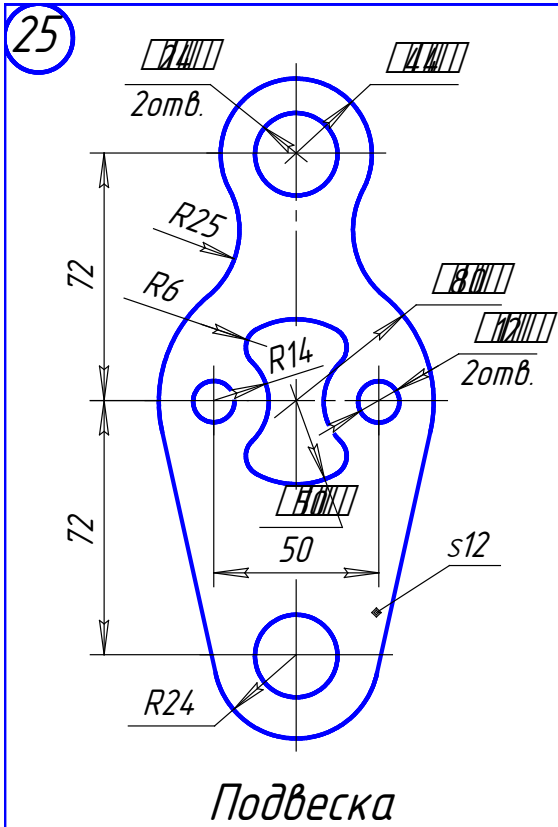
Подвеска

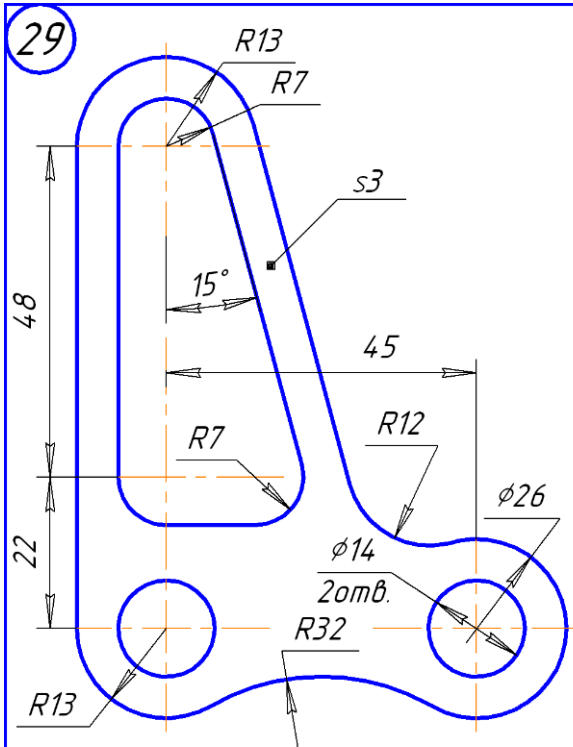


Прокладка

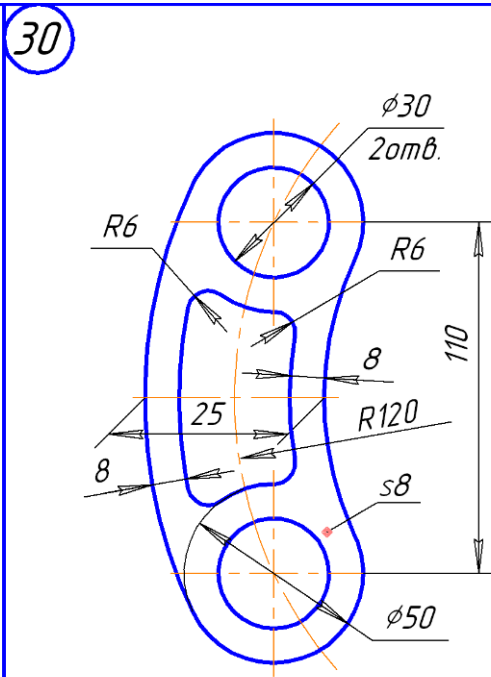


Рычаг

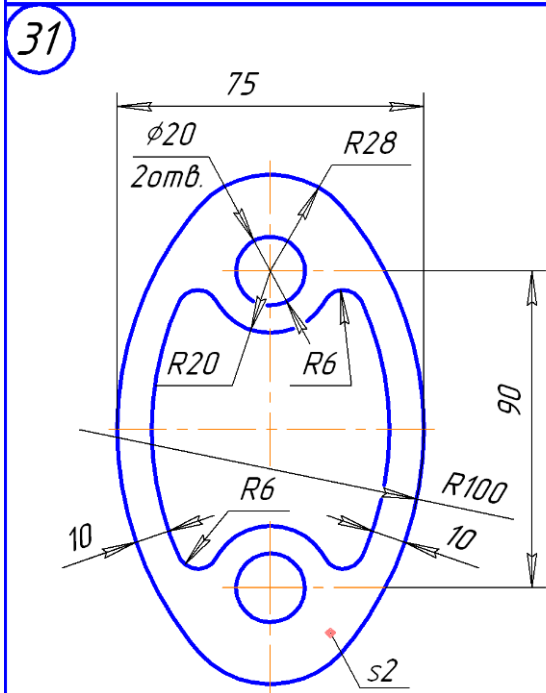




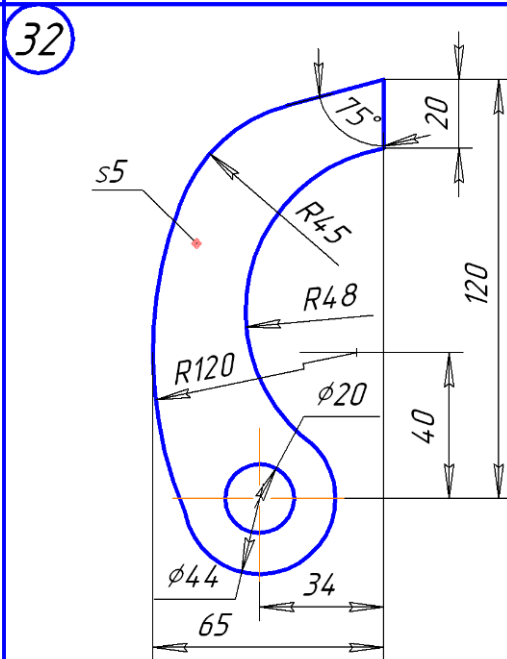
Пластина



Серьга



Прокладка



Собачка