ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

zapad.ИнженернаяГрафика ПЗ-02

Преподаватель Красин Игорь Геннадьевич

Тема 2.2. Геометрические построения

При выполнении чертежей деталей часто приходится выполнять различные геометрические построения, например, делить на равные части отрезки и окружности, выполнять сопряжения и др. Рассмотрим, какэто сделать.

2.2.1Построение параллельных и перпендикулярных прямых

Построение параллельных прямых

Построение параллельных прямых с помощью циркуля выполняется следующим образом (рис. 1):

1) Даны прямая a и точка A. Точка A не лежит на прямой a.

2) Отметим на прямой a произвольную точку B. Из центра B проводим дугу радиуса $R=AB$. Получаем точку C на прямой a. 3) Из центра A проводим дугу радиуса $R=AB$. 4) Из центра B проводим дугу радиуса $R_1 = CA$. Получаем точку D. 5) Через точки A и D проводим прямую b. Полу- чаем b a.

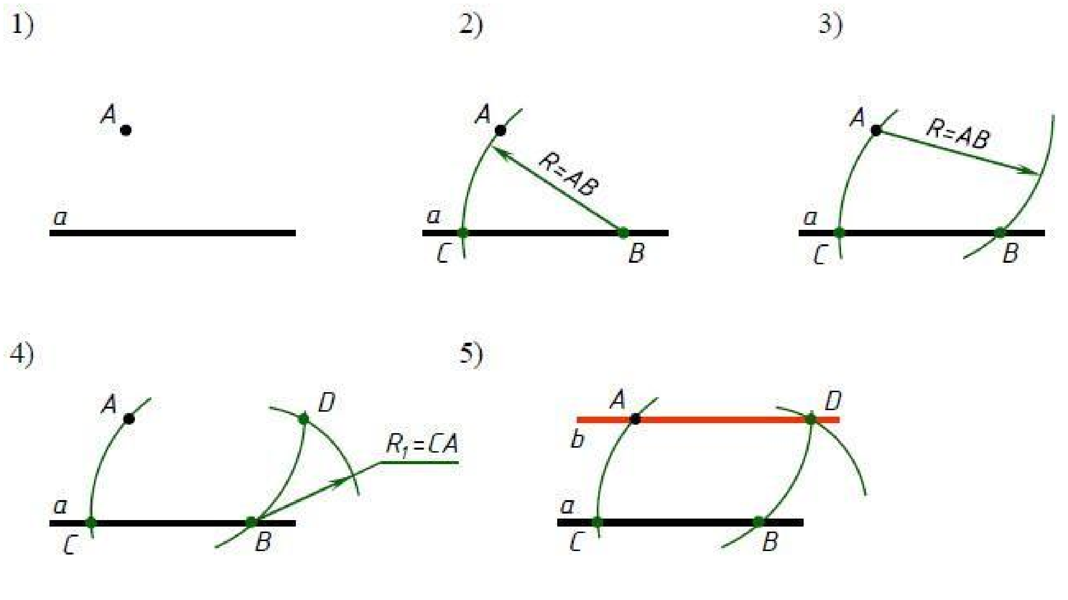


Рис. 1

Построение перпендикулярных прямых

Построение перпендикулярных прямых выполняется следующим образом (рис. 2):

1) Даны прямая *b* и точка *A*. Точка *A* не лежит на прямой *b*. 2) Из центра *A* проводим дугу радиуса *R*. Радиус *R* берем произвольно, но дуга должна пересекать прямую *b* в двух точках, например, в точках *K* и *L*.

3) Из центров *K* и *L* проводим дуги радиуса R_1. Радиус R_1 берем произвольно, но $R_1 > KL/2$. Получаем точку *C*. 4) Через точки *A* и *C* проводим прямую *a*. Получаем *a* *b*.

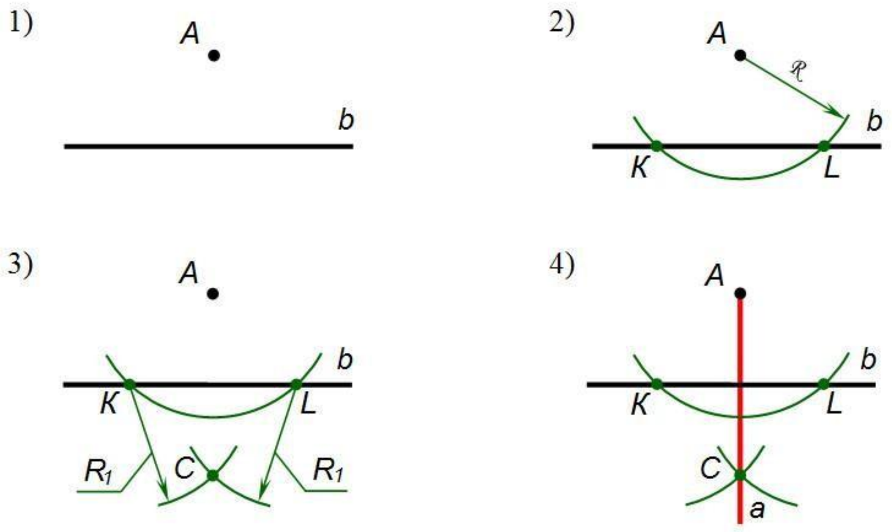


Рис. 2

2.2.2 Деление отрезков прямых на равные части

Деление отрезка прямой на две равные части

Деление отрезка на две равные части выполняется следующим образом (рис. 3):

1) Дан отрезок *AB*. 2) Из центра *A* проводим дугу радиуса *R*. Из центра *B* проводим дугу радиуса *R*. Радиус *R* берем произвольно, но $R > AB/2$. Получаем точки *C* и *D*. 3) Соединяем прямой линией точки *C* и *D*. Получаем *CD* *AB*=*K*. Точка *K* делит отрезок *AB* на две равные части или пополам, *AK*=*KB*.

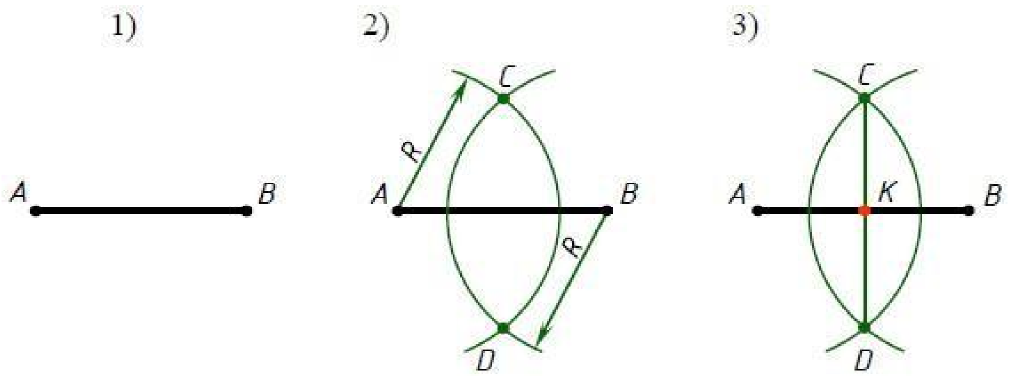


Рис. 3

Деление отрезка прямой на *n* равных частей

Деление отрезка прямой на пять равных частей выполняется следующим образом (рис. 4):

1) Дан отрезок *AB*. 2) Из точки *A* проводим луч *AM*. Луч проводим произвольно. 3) На луче *AM* от точки *A* откладываем пять равных отрезков. Длину отрезков берем произвольно. Отмечаем точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*.

4) Точку *5* соединяем с точкой *B* прямой линией. 5) Через точки *1*, *2*, *3*, *4* проводим прямые, параллельные прямой *B5* до пересечения с отрезком *AB*. Получаем точки *F*, *E*, *D*, *C*, которые делят отрезок *AB* на пять равных частей, *AC*=*CD*=*DE*=*EF*=*FB*.

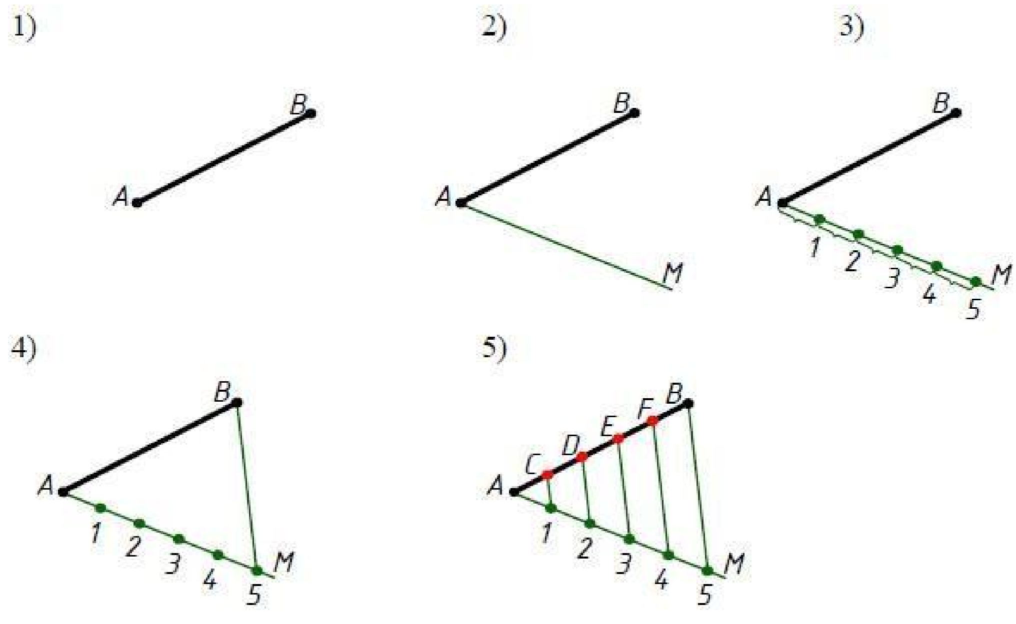


Рис. 4

Таким способом можно разделить отрезок на любое количество равных частей.

2.2.3 Построение и деление углов

Построение угла, равного заданному углу

Построение угла, равного заданному углу, выполняется следующим образом (рис. 5):

1) Даны угол *A* и точка *K*. 2) Из точки *K* проводим луч *KL*. Это одна сторона искомого угла. 3) Из центров *A* и *K* проводим дуги радиуса *R*. Радиус *R* берем произвольно. На сторонах угла *A* получаем точки *B* и *C*, а на луче *KL* – точку *N*. 4) Из центра *N* проводим дугу радиуса R_1=*BC*, получаем точку *M*. 5) Через точки *K* и *M* проводим прямую, которая является второй стороной искомого угла. Получаем *MKN*= *BAC*.

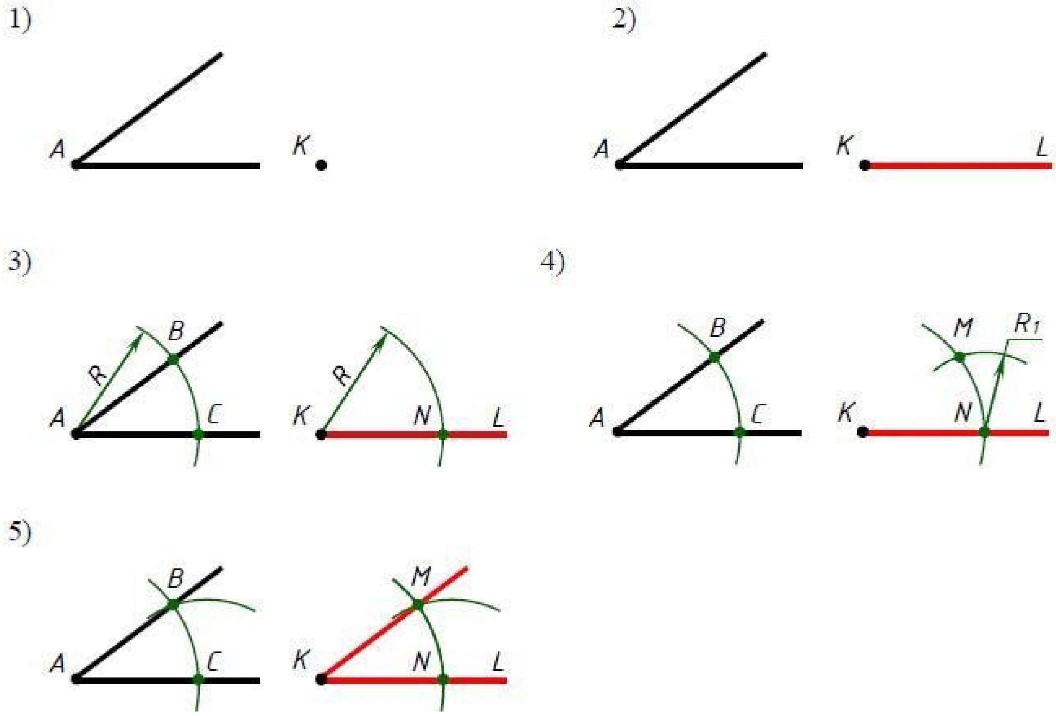


Рис. 5

Построение биссектрисы угла

Построение биссектрисы угла выполняется следующим образом (рис. 6):

1) Дан угол *K*. 2) Из центра *K* проводим дугу радиуса *R*. Радиус *R* берем произвольно. Дуга пересекает стороны угла в точках *M* и *N*. 3) Из центров *M* и *N* проводим дуги радиуса *R*. Дуги пересекаются в точке *L*.

4) Из точки *K* – вершины угла проводим луч *KL*. Луч *KL* есть биссектриса угла *K*, а *LKM*= *LKN*.

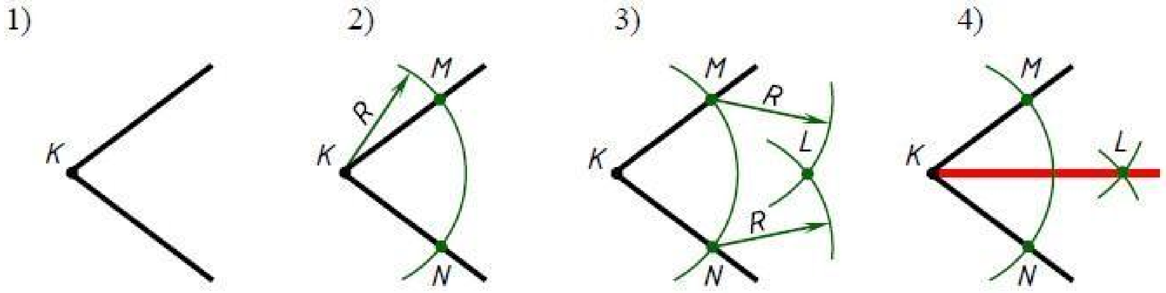


Рис. 6

2.2.4 Построение окружности

Построение дуги окружности через три точки

Построение дуги окружности через три точки выполняется следующим образом (рис. 7):

1) Даны точки *A*, *B*, *C*. 2) Соединяем прямыми линиями точку *A* с точкой *B* и точку *B* с точкой *C*. Получаем отрезки *AB* и *BC*. 3) Проводим перпендикуляры к серединам отрезков *AB* и *BC*. Перпендикуляры пересекаются в точке *O*. 4) Точка *O* есть центр дуги окружности, которая проходит через точки *A*, *B*, *C*.

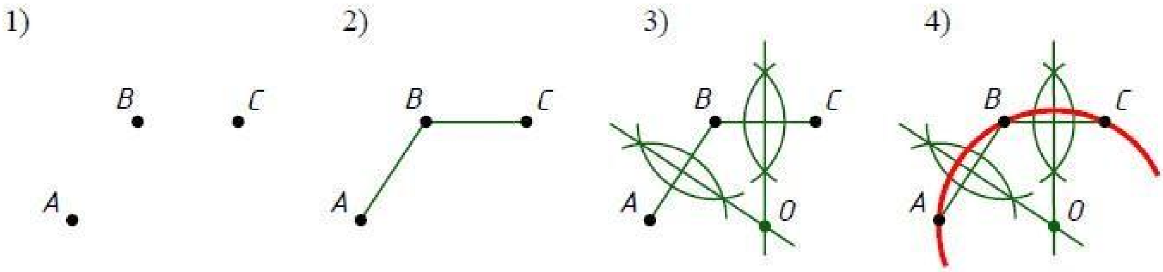


Рис. 7

Построение центра дуги окружности

Построение центра дуги окружности выполняется следующим образом (рис. 8):

1) Дана дуга *a*. 2) На дуге *a* произвольно отмечаем три точки *A*, *B*, *C*. 3) Проводим хорды *AB* и *BC*. 4) Проводим перпендикуляры к серединам отрезков *AB* и *BC*. Перпендикуляры пересекаются в точке *O*. Точка *O* есть центр дуги *a*.

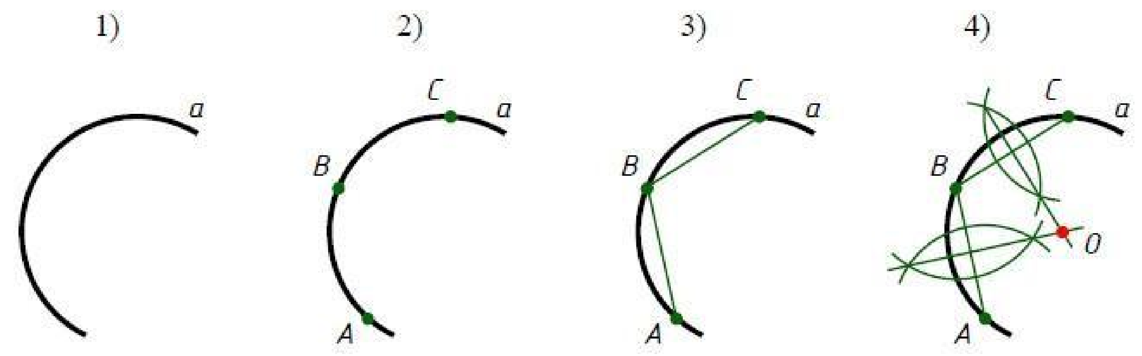


Рис. 8

Построение центра окружности, описанной вокруг треугольника

Построение центра окружности, описанной вокруг треугольника, выполняется следующим образом (рис. 9):

1) Дан треугольник *ABC*. 2) Проводим перпендикуляры к серединам сторон треугольника, например, к сторонам *AB* и *BC*. Перпендикуляры пересекаются в точке *O*. 3) Точка *O* есть центр окружности, описанной вокруг треугольника *ABC*.

1) 2) 3)

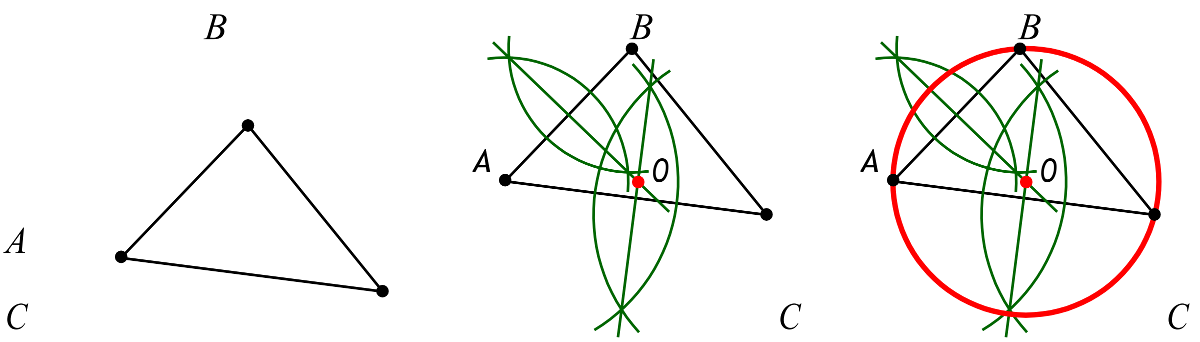


Рис. 9

Построение центра окружности, вписанной в треугольник

Построение центра окружности, вписанной в треугольник, выполняется следующим образом (рис. 10):

1) Дан треугольник *ABC*. 2) Строим биссектрисы углов треугольника,

например углов *A* и *B*. Точка пересечения биссектрис – точка *O* есть центр окружности, вписанной в треугольник *ABC*. 3) Из точки *O* опускаем перпендикуляр на любую сторону треугольника, например, на сторону *BC*. Получаем точку *D*. Отрезок *OD* есть радиус окружности, вписанной в треугольник.

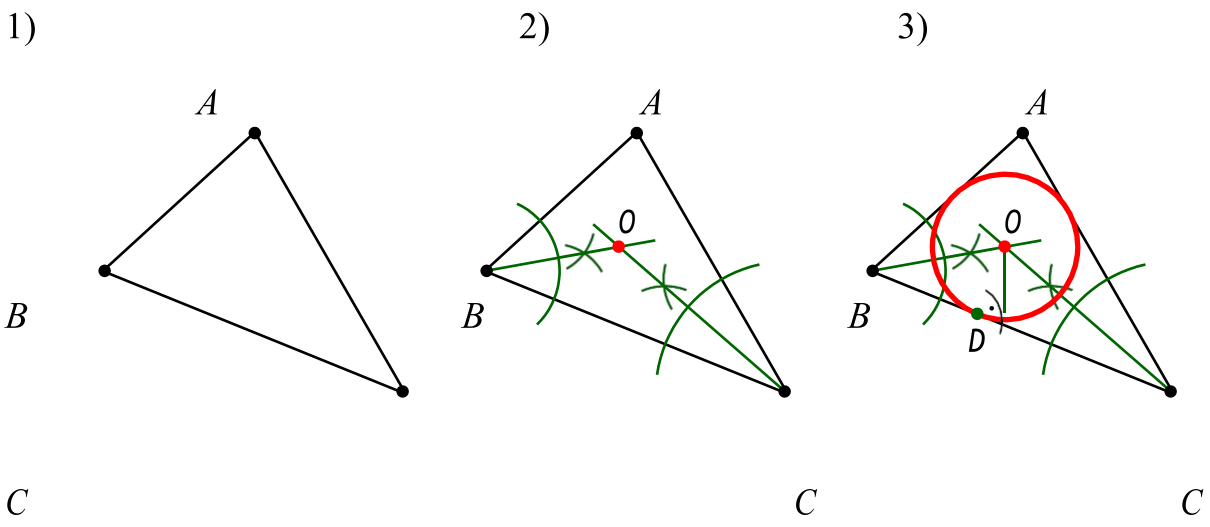


Рис. 10

2.2.5 Деление окружности на равные части

Деление окружности на три равные части

На рис. 11 показана деталь, которая имеет отверстие сложной формы. Чтобы выполнить чертёж (рис. 12) данной детали необходимо первоначально разделить окружность на три равные части. Деление окружности на три равные части показано на рис. 13.

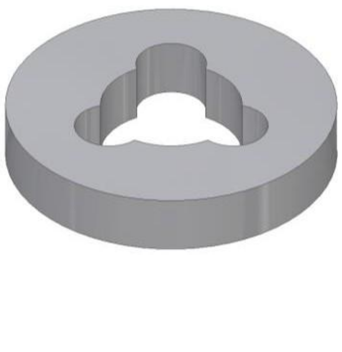


Рис. 11

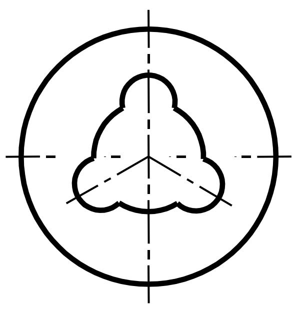


Рис. 12

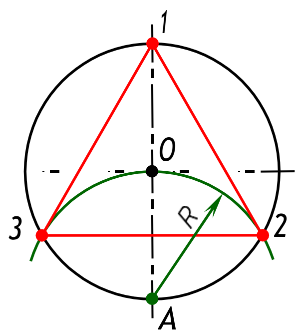


Рис. 13

Отмечаем точки, которые являются концами диаметра окружности, например точки *1* и *A*. Из центра *A* проводим дугу радиуса *R*=*AO*. Пересечение дуги с окружностью даёт две точки *2* и *3*. Точки *1*, *2*, *3* делят окружность на три равные части. Соединяем прямыми линиями точки *1*,*2*, *3*. Получаем правильный *равносторонний треугольник*.

Деление окружности на четыре и восемь равных частей

На рис. 14 показана деталь, которая имеет квадратное отверстие и восемь круглых выступов. Чтобы выполнить чертёж (рис. 15) данной детали необходимо разделить окружность на четыре и восемь равных частей. Деление окружности на четыре и восемь равных частей показано на рис. 16.

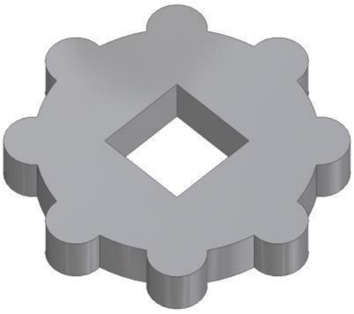


Рис. 14

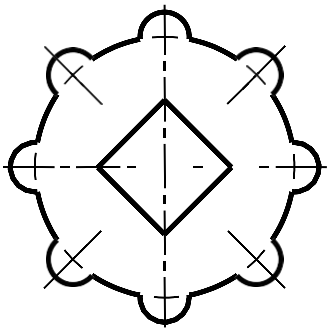


Рис. 15

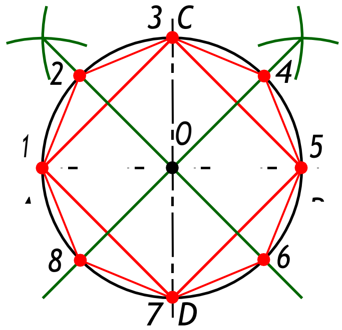


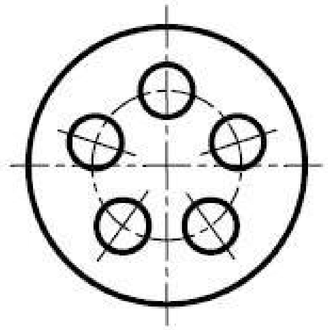
Рис. 16

Взаимно перпендикулярные диаметры делят окружность на четыре равные части, например диаметры *AB* и *CD*. Соединяем прямыми линиями точки *A*, *B*, *C*, *D* Получаем *квадрат*.

Проводим биссектрисы углов *AOC* и *BOC*. Получаем точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8*, которые делят окружность на восемь равных частей. Соединяем прямыми линиями точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8*. Получаем *правильный восьмиугольник*.

Деление окружности на пять равных частей

На рис. 17 показана деталь, которая имеет пять отверстий. Чтобы выполнить чертёж (рис. 18) данной детали необходимо разделить окружность на пять равных частей. Деление окружности на пять равных частей показано на рис. 19.



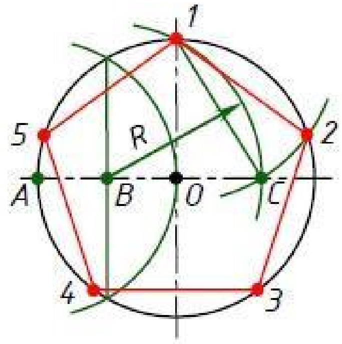
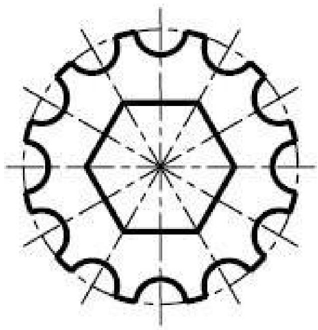


Рис. 17 *Рис. 18* *Рис. 19*

Отмечаем точку *1*, которая является концом вертикального диаметра окружности. Делим радиус *OA* на две равные части. Получаем точку *B*. Из центра *B* проводим дугу радиуса *R* = *B1*. Дуга пересекает горизонтальный диаметр окружности в точке *C*. От точки *1* по заданной окружности откладываем хорды, которые равны отрезку *1C*. Получаем точки *2*, *3*, *4*, *5*. Точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5* делят окружность на пять равных частей. Соединяем прямыми линиями точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*. Получаем *правильный пятиугольник*.

Деление окружности на шесть и двенадцать равных частей

На рис. 20 показана деталь, в которой отверстие имеет форму шестигранной призмы и двенадцать одинаковых элементов. Чтобы выполнить чертёж (рис. 21) данной детали необходимо разделить окружность на шесть и двенадцать равных частей. Деление окружности на шесть и двенадцать равных частей показано на рис. 22.



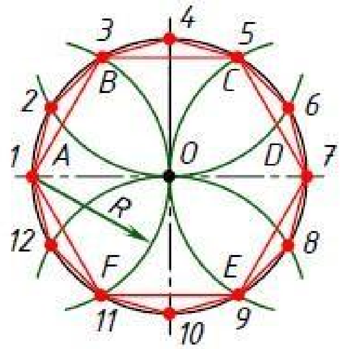


Рис. 20 *Рис. 21* *Рис. 22*

Отмечаем точки *A* и *D*, которые являются концами горизонтального диаметра окружности. Из центров точек *A* и *D* проводим дуги радиуса *R*. Радиус *R* равен радиусу данной окружности. Получаем точки *B*, *F*, *C*, *E*.

Точки *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* делят окружность на шесть равных частей. Соединяем прямыми линиями точки *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*. Получаем *правильный шестиугольник*.

Из центров *1*, *4*, *7* и *10*, которые являются концами двух взаимно перпендикулярных диаметров окружности, проводим дуги радиуса *R*. Радиус *R* равен радиусу данной окружности. Получаем точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8*, *9*, *10*, *11*, *12*, которые делят окружность на двенадцать равных частей. Соединяем прямыми линиями точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8*, *9*, *10*, *11*, *12*. Получаем *правильный двенадцатиугольник*.

Деление окружности на семь равных частей

На рис. 23 показана деталь, которая имеет семь отверстий. Чтобы выполнить чертёж (рис. 24) данной детали необходимо разделить окружность на семь равных частей. Деление окружности на семь равных частей показано на рис. 25.

Рис. 23

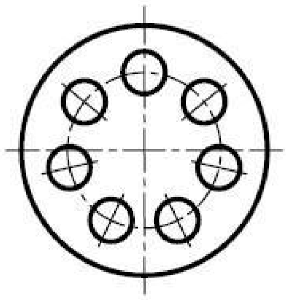


Рис. 24

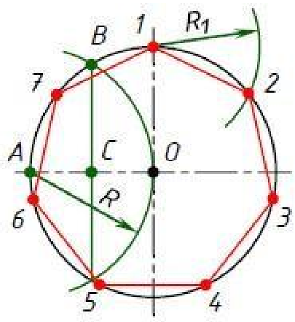


Рис. 25

Отмечаем точку *1*, которая является концом вертикального диаметра окружности. Делим радиус *OA* на две равные части. Получаем точку *B* и точку *C*. Из центра *1* проводим дугу радиуса $R_1 = BC$. Дуга пересекает окружность в точке *2*. От точки *2* по заданной окружности откладываем хорды, которые равны отрезку *BC*. Получаем точки *3*, *4*, *5*, *6*, *7*. Точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7* делят окружность на семь равных частей. Соединяем прямыми линиями точки *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*. Получаем *правильный семиугольник*.

2.2.6 Построение касательных

Построение касательной к окружности

Построение касательной к окружности через точку, лежащую на окружности, выполняется следующим образом (рис. 26):

1) Даны окружность радиуса *R* с центром *O* и точка *E*, которая лежит на окружности.

2) Из центра окружности *O* через точку *E* проводим отрезок *OA*, при этом *EA*=*OE*.

3) Через точку E проводим перпендикуляр BC к отрезку OA. BC есть касательная к заданной окружности в точке E.

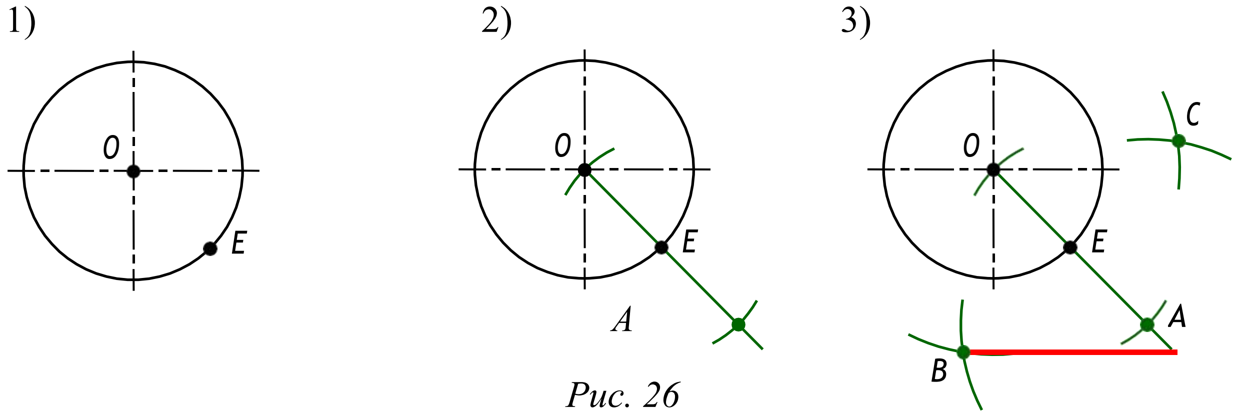


Рис. 26

Построение касательной к окружности из точки, не лежащей на окружности, выполняется следующим образом (рис. 27):

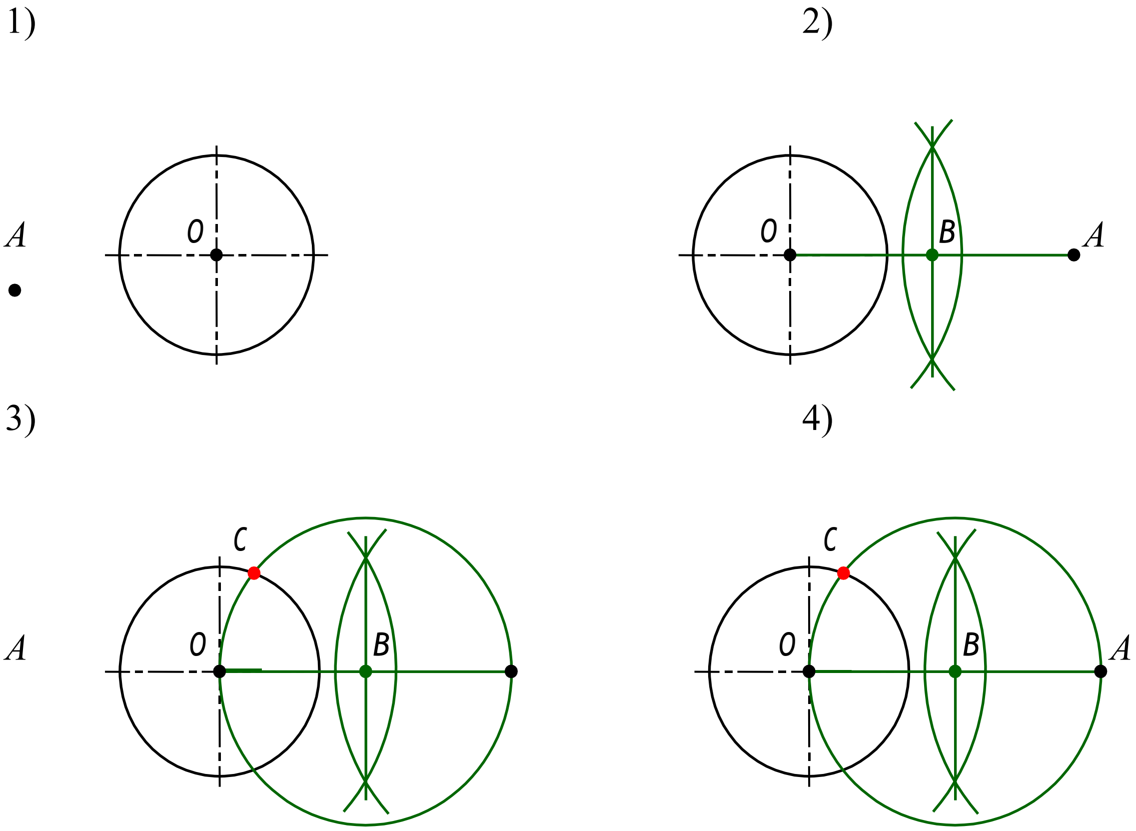


Рис. 27

1) Даны окружность с центром O и точка A, которая не лежит на окружности.
2) Соединяем прямой линией центр окружности O с точкой A. Получаем

отрезок *OA*. Разделим отрезок *OA* на две равные части. Получаем точку *B*. 3) Из центра *B* проводим окружность радиусом *R=BO*. Получаем на окружности точку *C*. 4) Соединяем прямой линией точки *A* и *C*. Получаем *AC* – касательную к окружности.

Построение касательной к двум окружностям

Касательная к двум окружностям может быть внешняя или внутренняя. Касательная называется *внешней*, если обе окружности лежат по одну сторону касательной (рис. 28). Касательная называется *внутренней*, если окружности лежат по разные стороны касательной (рис. 29).

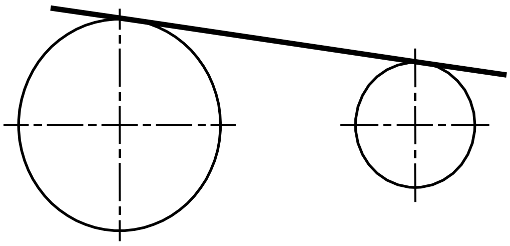


Рис. 28

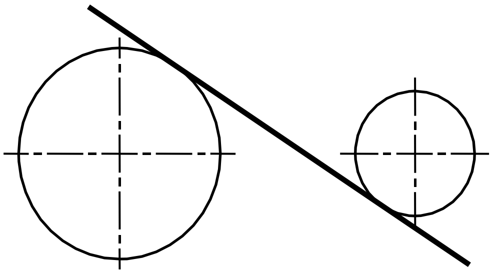


Рис. 29

Построение внешней касательной к двум окружностям выполняется следующим образом (рис. 30):

1) Даны окружность радиуса R_1 с центром O_1 и окружность радиуса R_2 с центром O_2. 2) Из центра O_1 проводим окружность радиуса (R_1–R_2).
3) К этой окружности строим касательную O_2B из точки O_2. Прямая O_1B пересекает окружность радиуса R_1 в точке *C*. Из точки O_2 проводим прямую O_2D параллельно O_1C. Точки *C* и *D* есть точки касания. 4) Соединяем точки *C* и *D*. Прямая *CD* есть внешняя касательная к двум данным окружностям.

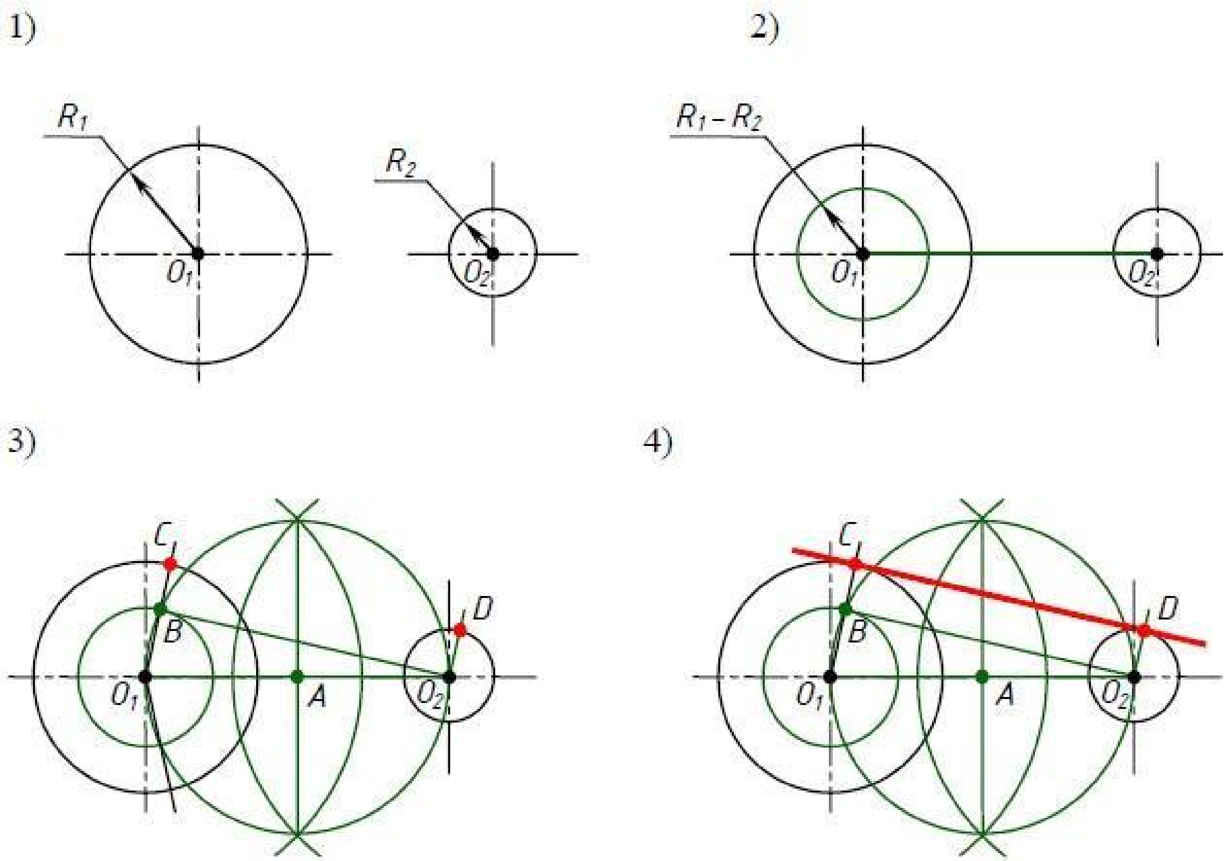


Рис. 30

Построение внутренней касательной к двум окружностям выполняется следующим образом (рис. 31):

1) Даны окружность радиуса R_1 с центром O_1 и окружность радиуса R_2 с центром O_2.

2) Из центра O_1 проводим окружность радиуса R_1+R_2.

3) К этой окружности строим касательную O_2B из точки O_2. Прямая O_1B пересекает окружность радиуса R_1 в точке C. Из точки O_2 проводим прямую O_2D параллельно O_1C. Точки C и D есть точки касания.

4) Соединяем точки C и D. Прямая CD есть внутренняя касательная к двум данным окружностям.

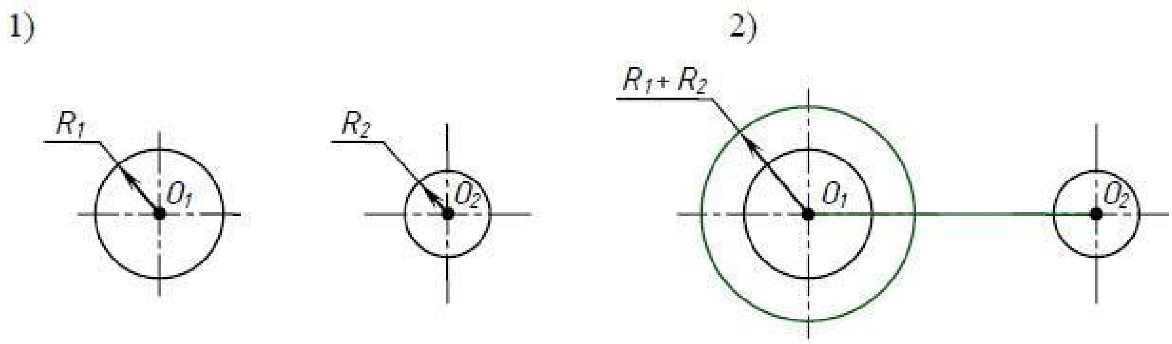


Рис. 31

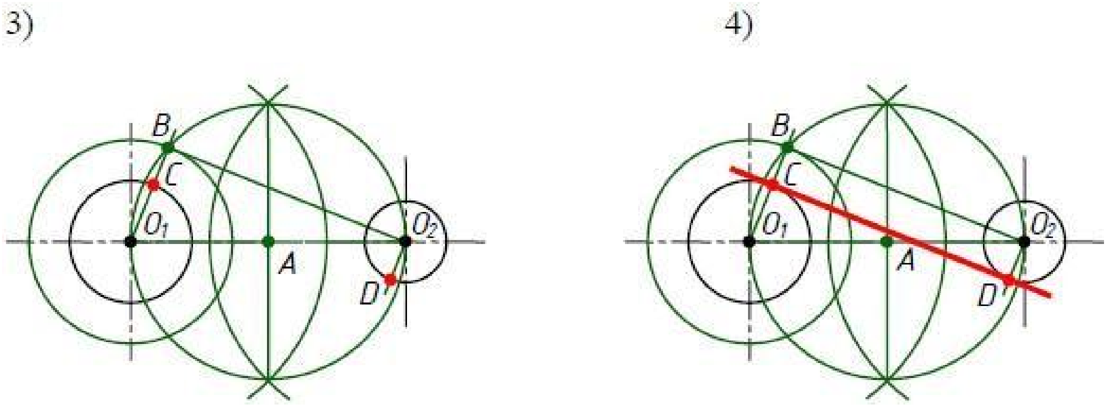


Рис. 31 (окончание)

2.2.7 Построение сопряжений

На рис. 32 изображена деталь, которая имеет плавные контуры, то есть одна линия плавно переходит в другую. Плавный переход одной линии в другую называется *сопряжением*.

При сопряжении одна линия переходит в другую по дуге окружности. Эта дуга называется *дугой сопрягающей окружности*. Радиус этой окружности называется *радиусом сопряжения*. Центр этой окружности называется *центром сопряжения*. Точка, в которой одна линия переходит в другую, называется *точкой сопряжения*. Построить сопряжение, значит, найти центр сопряжения и точки сопряжения.

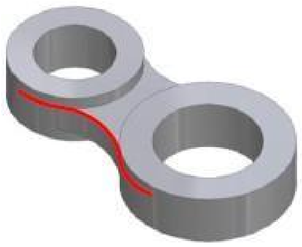


Рис. 32

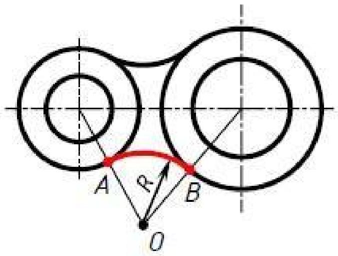


Рис. 33

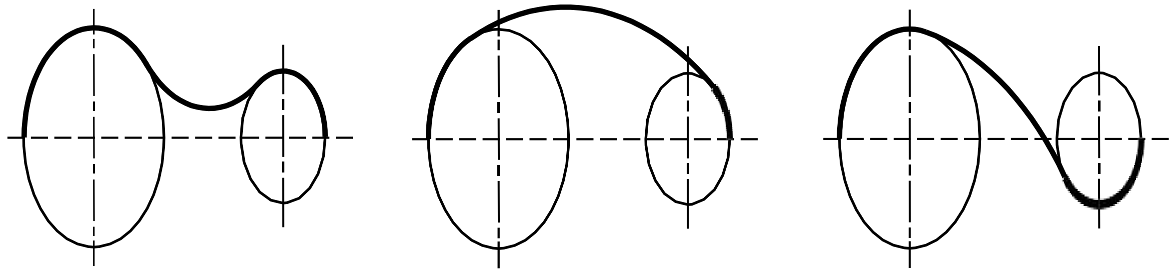
На рис. 33 точка *A* и точка *B* – точки сопряжения, точка *O* – центр сопряжения, дуга *AB* – дуга сопрягающей окружности, радиус *R* дуги сопрягающей окружности – радиус сопряжения.

Бывает сопряжение одной прямой линии с другой прямой линией, прямой линии с окружностью, одной окружности с другой окружностью. Сопряжение одной окружности с другой окружностью может быть внешним, внутренним, смешанным.

Если при сопряжении двух окружностей, их центры лежат вне сопрягающей окружности, то такое сопряжение называется *внешним сопряжением* (рис. 34, *а*).

Если при сопряжении двух окружностей, их центры лежат внутри сопрягающей окружности, то такое сопряжение называется *внутренним сопряжением* (рис. 34, *б*).

Если при сопряжении двух окружностей, центр одной окружности лежит вне сопрягающей окружности, а центр другой окружности лежит внутри сопрягающей окружности, то такое сопряжение называется *смешанным сопряжением* (рис. 34, *в*).

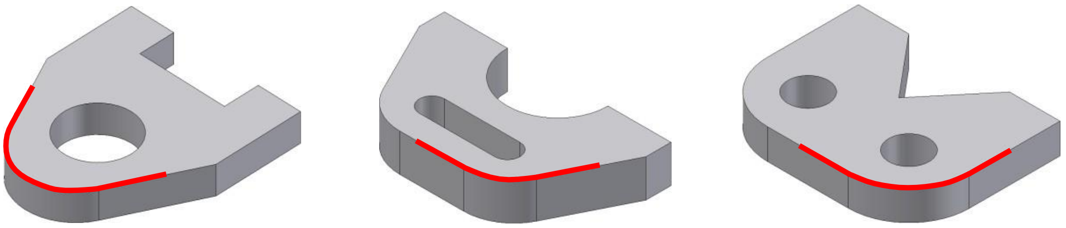


а *б* *в*

Рис.34

Построение сопряжения сторон угла

При построении чертежей деталей, показанных на рис. 35, выполняют построение сопряжения сторон острого угла (рис. 35, *а*), тупого угла (рис. 35, *б*) и прямого угла (рис. 35, *в*), дугой окружности заданного радиуса.



а *б* *в*

Рис. 35

Сопряжение сторон острого угла дугой окружности заданного радиуса выполняют следующим образом (рис. 36):

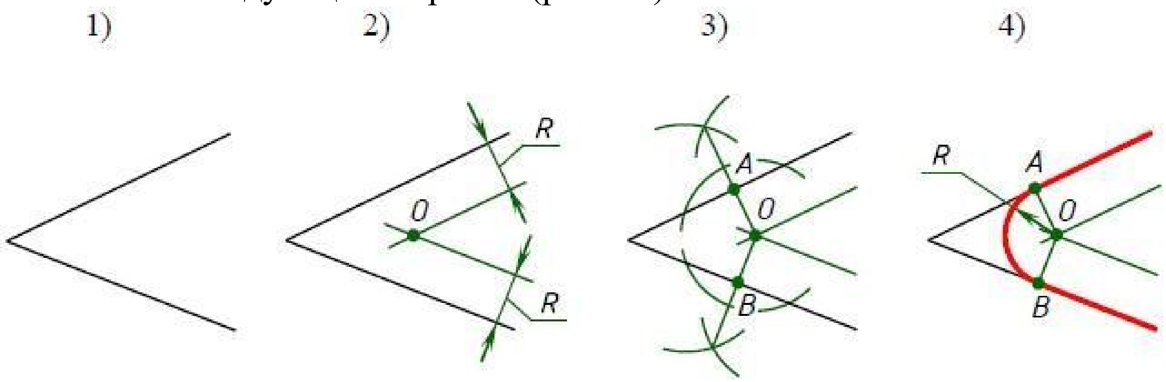


Рис. 36

1) Даны острый угол и радиус сопряжения *R*.

2) Проводим на расстоянии *R* две вспомогательные прямые, параллельные сторонам данного угла. Прямые пересекаются в точке *O*. Точка *O* есть центр сопряжения.

3) Из точки *O* проводим перпендикуляры к сторонам угла. Получаем точки *1* и *2* – точки сопряжения.

4) Из центра сопряжения *O* проводим сопрягающую дугу радиуса *R* от точки *1* до точки *2*.

Сопряжение сторон тупого угла дугой окружности заданного радиуса выполняется аналогично (рис. 37).

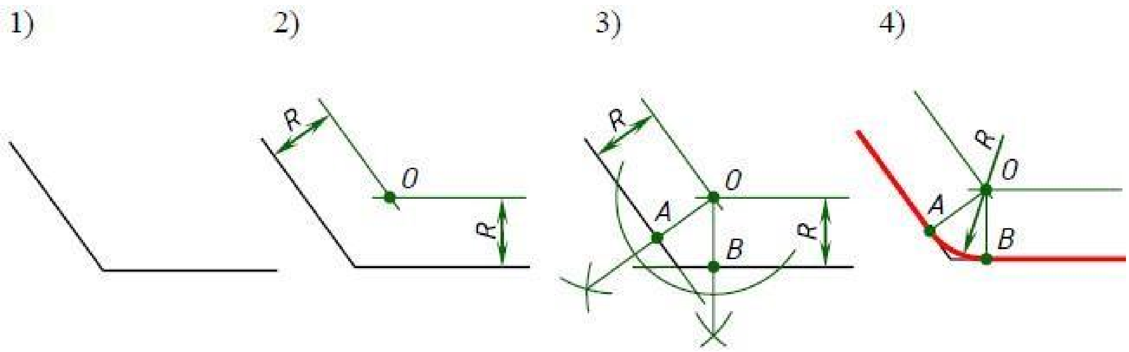


Рис. 37

Сопряжение сторон прямого угла дугой окружности заданного радиуса выполняют следующим образом (рис. 38):

1) Даны прямой угол и радиус сопряжения *R*.
2) Из вершины *A* прямого угла проводим дугу радиуса *R*. Получаем точки *1* и *2* – точки сопряжения.
3) Из центров *1* и *2* проводим две дуги радиуса *R*. Дуги пересекаются в точке *O*. Точка *O* есть центр сопряжения.
4) Из центра сопряжения *O* проводим сопрягающую дугу радиуса *R* от точки *1* до точки *2*.

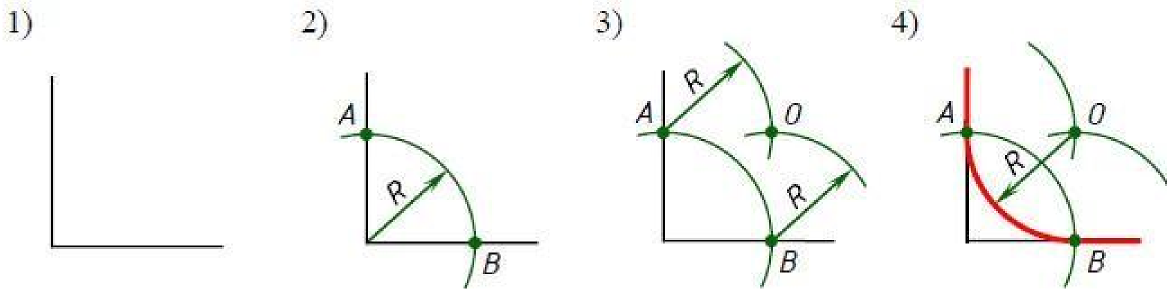
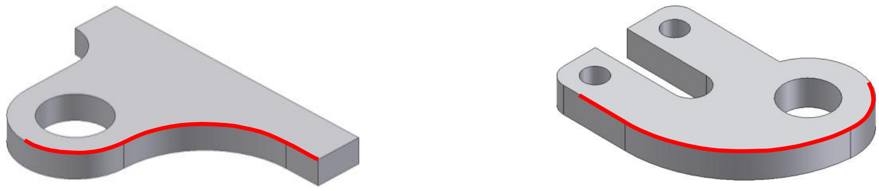


Рис. 38

Построение сопряжения окружности и прямой

При построении чертежей деталей, показанных на рис. 39, выполняют построение внешнего (рис. 39, *а*) и внутреннего (рис. 39, *б*) сопряжения окружности и прямой дугой окружности заданного радиуса.



а *б*

Рис. 39

Внешнее сопряжение окружности и прямой дугой окружности заданного радиуса выполняют следующим образом (рис. 40):

1) Даны окружность радиуса R_1 с центром O_1 и прямая а.
2) Проводим вспомогательную дугу радиуса ($R+ R_1$) из центра O_1.Проводим на расстоянии R вспомогательную прямую b, параллельную прямой a. Прямая и дуга пересекается в точке O. Точка O есть центр сопряжения.
3) Проводим прямую OO_1, получаем точку сопряжения A. Проводим из точки O перпендикуляр к прямой a. Получаем точкусопряжения B.
4) Из центра сопряжения O проводим сопрягающую дугу радиуса R от точки A до точки B

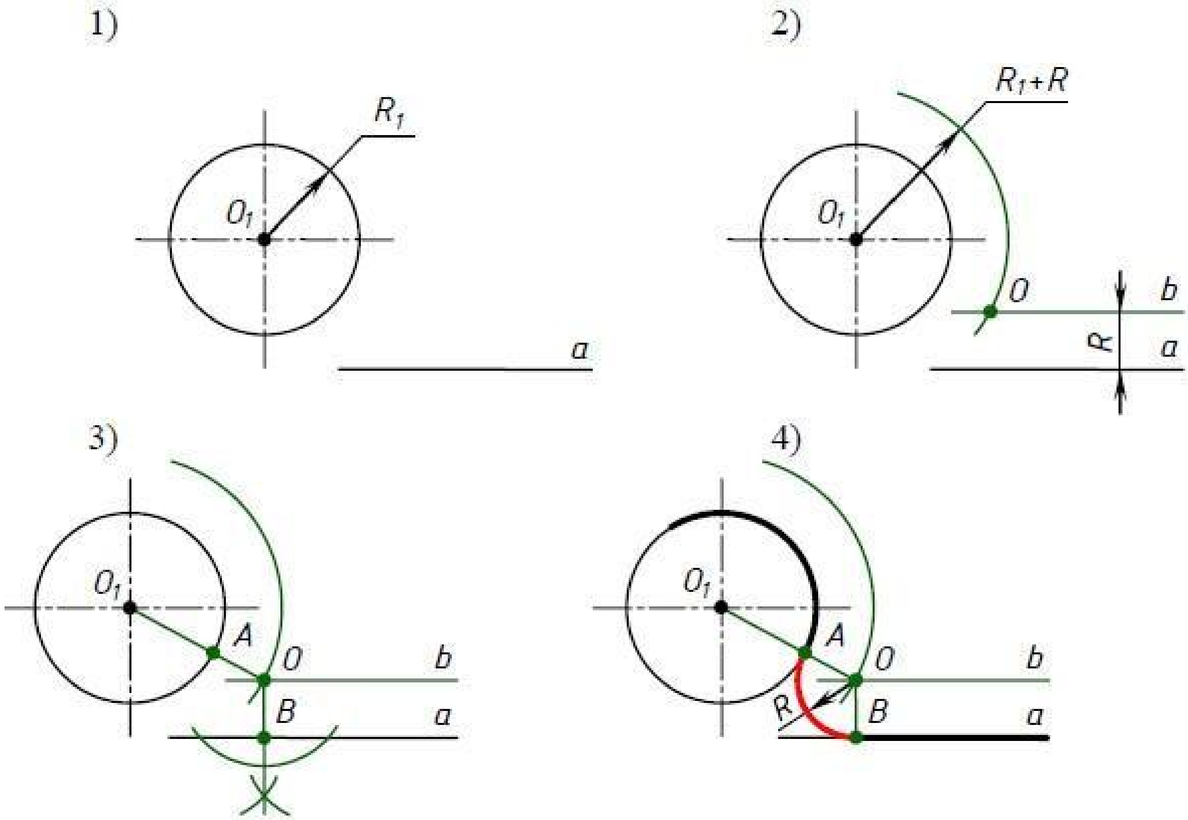


Рис. 40

Внутреннее сопряжение окружности и прямой дугой окружности заданного радиуса выполняют следующим образом (рис.41):

1) Даны окружность радиуса R_1 с центром O_1 и прямая a.
2) Проводим вспомогательную дугу радиуса ($R–R_1$) из центра O_1.
3) Проводим на расстоянии R вспомогательную прямую b, параллельную прямой a. Прямая и дуга пересекается в точке O. Точка O есть центр сопряжения.
4) Проводим прямую OO_1, получаем точку сопряжения A. Проводим из точки O перпендикуляр к прямой a. Получаем точку сопряжения B.
5) Из центра сопряжения O проводим сопрягающую дугу радиуса R от точки A до точки B.

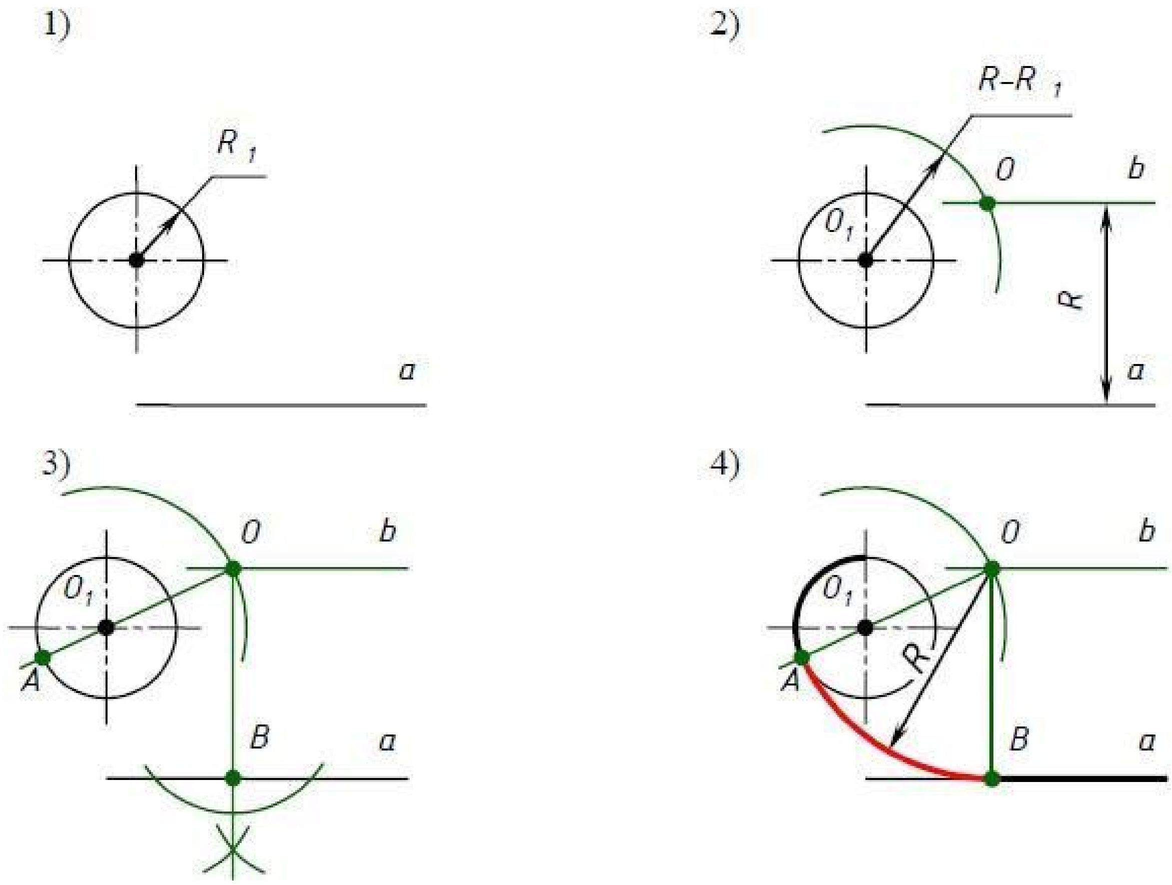


Рис. 41

Сопряжение окружности и прямой, когда прямая пересекает окружность выполняют следующим образом (рис. 42):

1) Даны окружность радиуса R_1 с центром O_1 и прямая a.
2) Проводим вспомогательную дугу радиуса ($R_1–R$) из центра O_1.
3) Проводим на расстоянии R вспомогательную прямую b, параллельную прямой a. Прямая и дуга пересекается в точке O. Точка O есть центр сопряжения.
4) Проводим прямую OO_1, получаем точку сопряжения A. Проводим из точки O перпендикуляр к прямой a. Получаем точкусопряжения B.
5) Из центра сопряжения O проводим сопрягающую дугурадиуса R от точки A до точки B.

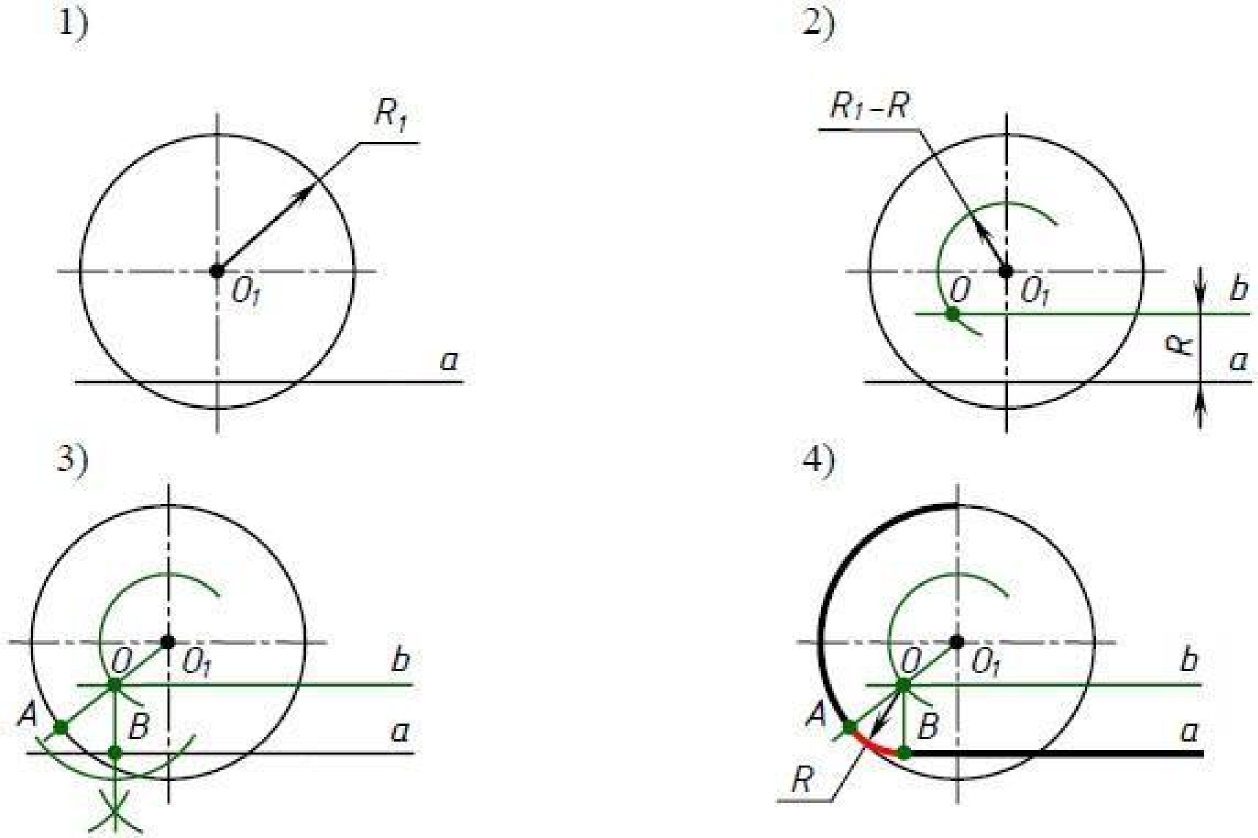
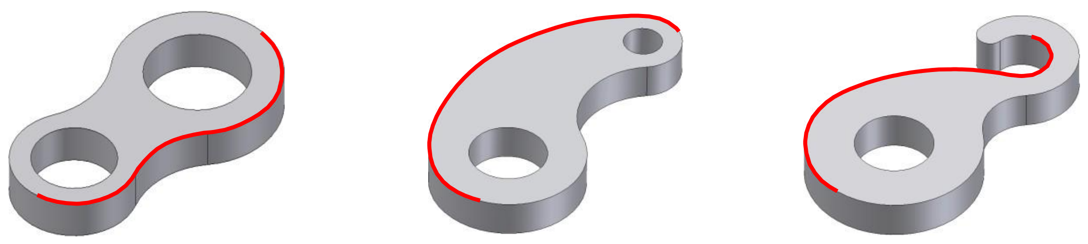


Рис. 42

Сопряжение двух окружностей

При построении чертежей деталей, показанных на рис. 43, выполняют построение внешнего (рис. 43, *а*), внутреннего (рис.43, *б*) и смешанного (рис. 43, *в*) сопряжения двух окружностей дугой окружности заданного радиуса.



а *б* *в*

Рис. 43

Внешнее сопряжение двух окружностей дугой окружности заданного радиуса выполняют следующим образом (рис.44):

1) Даны две окружности радиуса R_1 с центром O_1 и радиуса R_2 с центром O_2. 2) Проводим вспомогательную дугу радиуса (R_1+R) из центра O_1 и вспомогательную дугу радиуса (R_2+R) из центра O_2. Дуги пересекается в точке O. Точка O есть центр сопряжения.
2) Проводим прямую OO_1, получаем точку сопряжения A. Проводим прямую OO_2, получаем точку сопряжения B.
3) Из центра сопряжения O проводим сопрягающую дугу радиуса R от точки A до точки B.

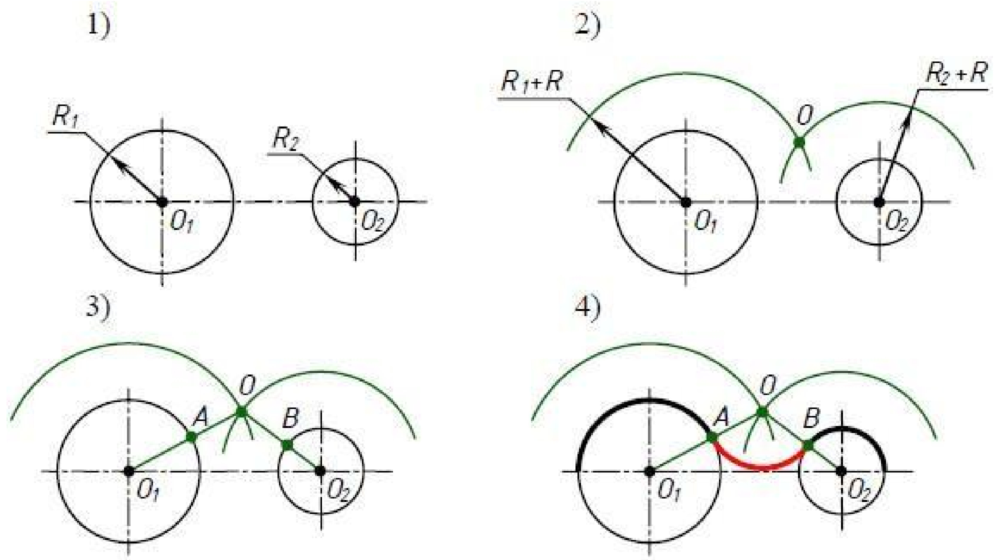


Рис. 44

Внутреннее сопряжение двух окружностей дугой окружности заданного радиуса выполняют следующим образом (рис. 45):

1) Даны две окружности радиуса R_1 с центром O_1 и радиуса R_2 с центром O_2.
2) Проводим вспомогательную дугу радиуса (R–R_1) из центра O_1 и вспомогательную дугу радиуса (R–R_2) из центра O_2. Дуги пересекается в точке O. Точка O есть центр сопряжения.
3) Проводим прямую O_1O, получаем точку сопряжения A. Проводим прямую OO_2, получаем точку сопряжения B.

4) Из центра сопряжения *O* проводим сопрягающую дугу радиуса *R* от точки *A* до точки *B*.

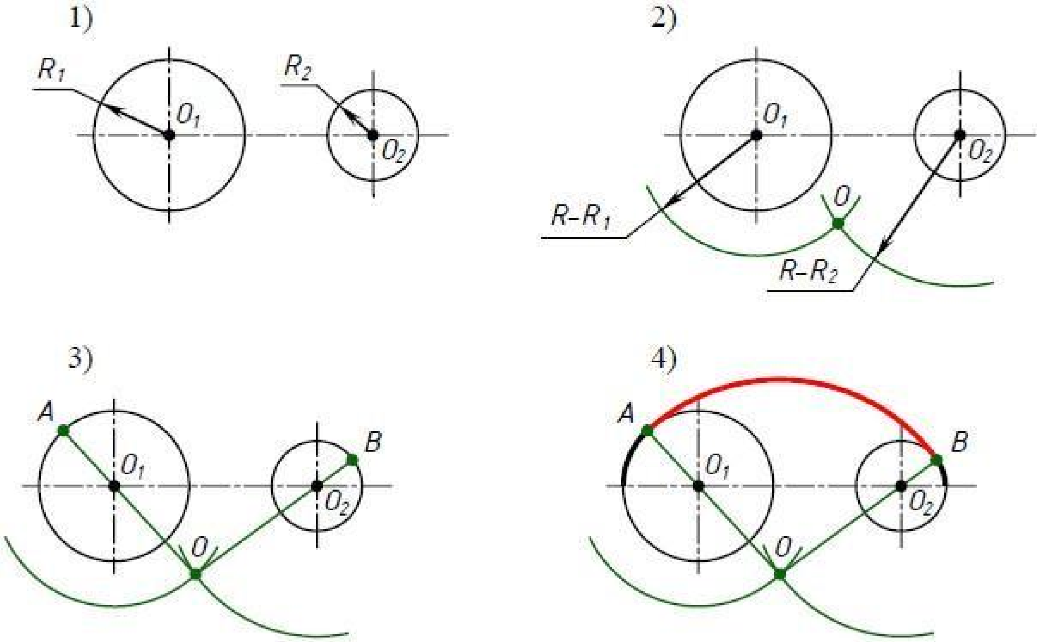


Рис. 45

Смешанное сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса выполняют следующим образом (рис. 46):

1) Даны две окружности радиуса R_1 с центром O_1 и радиуса R_2 с центром O_2.
2) Проводим вспомогательную дугу радиуса (R–R_1) из центра O_1 и вспомогательную дугу радиуса (R+R_2) из центра O_2. Дуги пересекается в точке *O*. Точка *O* есть центр сопряжения.
3) Проводим прямую O_1O, получаем точку сопряжения *A*. Проводим прямую OO_2, получаем точку сопряжения *B*.
4) Из центра сопряжения *O* проводим сопрягающую дугу радиуса *R* от точки *A* до точки *B*.

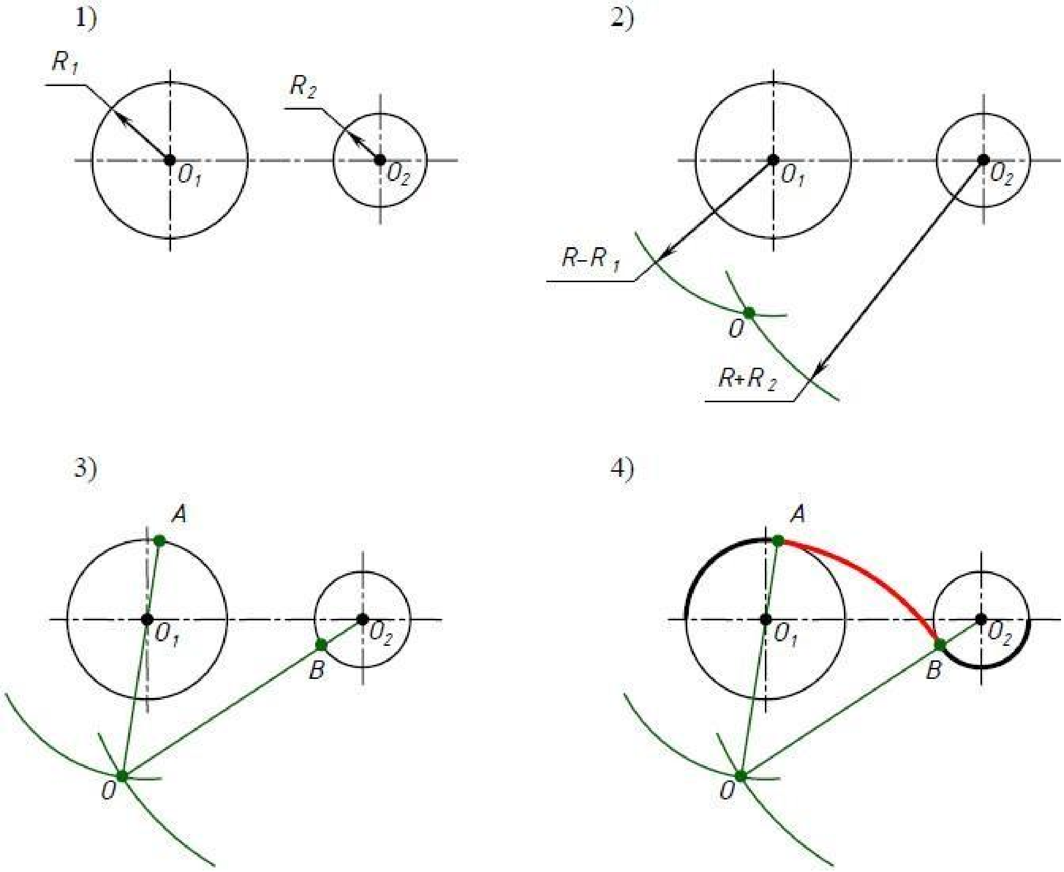


Рис. 46

Построение эллипса

Построение эллипса по большой и малой оси выполняют следующим образом (рис. 47):

1) Даны большая ось эллипса *AB* и малая ось эллипса *CD*.

2) Отмечаем точку пересечения осей эллипса – точку *O*. Из центра *O* проводим окружность радиуса *OA* и окружность радиуса *OC*. 3) Большую окружность делим на двенадцать равных частей. Получаем точки *1*, *2*, *3*, …, *12*.

4) Точки деления окружности *1*, *2*, *3*, …, *12* соединяем прямыми линиями с центром окружности *O*. При этом, прямые *1 – 7*, *2 – 8*, …, *6 – 12* делят малую окружность на двенадцать равных частей. 5) Из точек деления большой окружности проводим прямые, параллельные *CD*. Из точек деления малой окружности проводим прямые, параллельные *AB*. Точки пересечения вертикальных и горизонтальных прямых есть искомые точки эллипса.

6) Полученные точки эллипса соединяем плавной кривой с помощью лека- ла. Получаем эллипс.

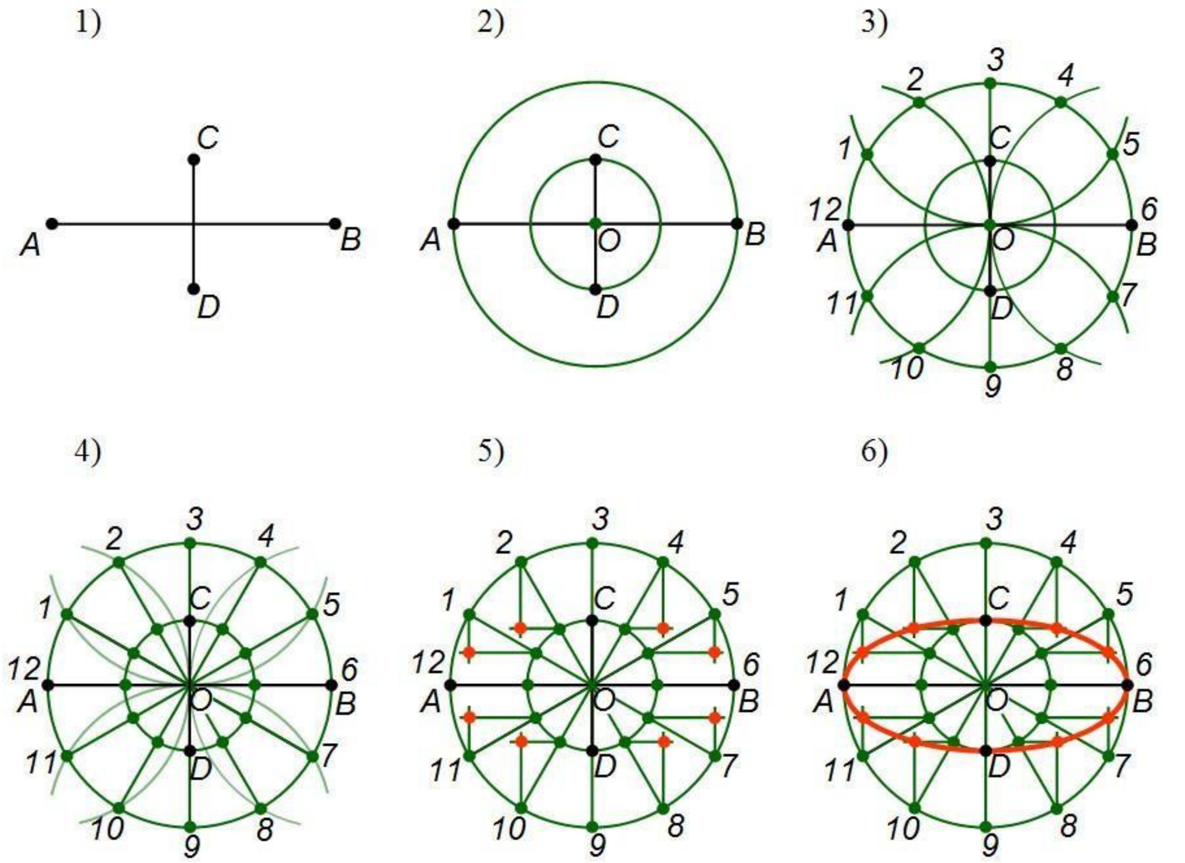


Рис. 47

Проверьте себя

1. Какие геометрические построения вам известны?
2. Перечислите этапы деления отрезка на *n* равных частей.
3. Как разделить угол пополам?
4. Как построить центр окружности вписанной в треугольник? описанной вокруг треугольника?
5. Какие прямые делят окружность на четыре равные части?
6. Как разделить окружность на шесть равных частей?
7. Какая касательная называется внешней? внутренней?
8. Что называется сопряжением?
9. Что значит построить сопряжение?
10. Как построить сопряжение сторон прямого угла?

ПОСТРОЕНИЕ УКЛОНА И КОНУСНОСТИ

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

Уклон i отрезка BC относительно отрезка BA определяют отношением катетов прямоугольного треугольника ABC (рисунок 48, а), т. е.

$$i = \frac{AC}{AB} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Для построения прямой BC (рисунок 48, а) с заданной величиной уклона к горизонтальной прямой, например 1:4, необходимо от точки A влево отложить отрезок AB, равный четырём единицам длины, а вверх отрезок AC, равный одной единице длины. Точки C и B соединяют прямой, которая даёт направление искомого уклона.

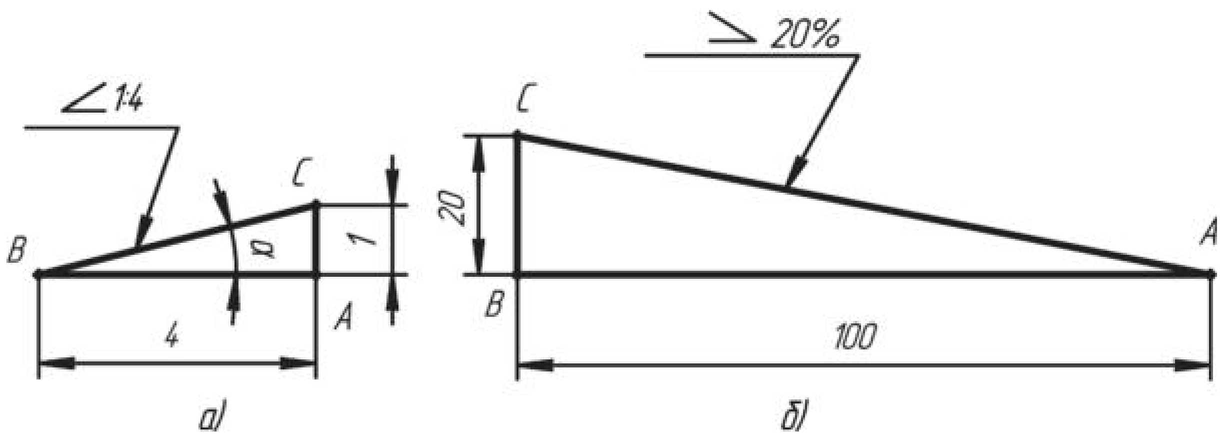


Рис. 48

Уклоны применяются при вычерчивании деталей, например, стальных балок и рельсов, изготовляемых на прокатных станах, и некоторых деталей, изготовленных литьем.

При вычерчивании контура детали с уклоном сначала строится линия уклона, а затем контур.

Если уклон задаётся в процентах, например, 20 % (рисунок 48, *б),* то линия уклона строится так же, как гипотенуза прямоугольного треугольника. Длину одного из катетов принимают равной 100 %, а другого — 20 %. Очевидно, что уклон 20 % есть иначе уклон 1:5.

По ГОСТ 2.307—68 перед размерным числом, определяющим уклон, наносят условный знак, острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (рисунок 48, *а* и *б).*

Конусностью называется отношение диаметра основания конуса к его высоте (рисунок 49, а). Обозначается конусность буквой С. Если конус, усечённый (рисунок 49, б) с диаметрами оснований D и d и длиной L, то конусность определяется по формуле:

$$C = \frac{D - d}{L}.$$

Например (рисунок 49, *б),* если известны размеры D=30 мм, *d* = 20 мм и *L* = 70 мм, то

$$C = \frac{D - d}{L} = \frac{30 - 20}{70} = 1{:}7.$$

Если известны конусность С, диаметр одного из оснований конуса *d* и длина конуса *L,* можно определить второй диаметр конуса. Например, С =1:7, af=20 мм и *L*= 70 мм; *D* находят по формуле *D*=*CL* + + *d*= 1/7 x 70 + 20 = 30 мм (рисунок 49, *б).*

По ГОСТ 2.307—68 перед размерным числом, характеризующим конусность, необходимо наносить условный знак конусности, который имеет вид равнобедренного треугольника с вершиной, направленной в

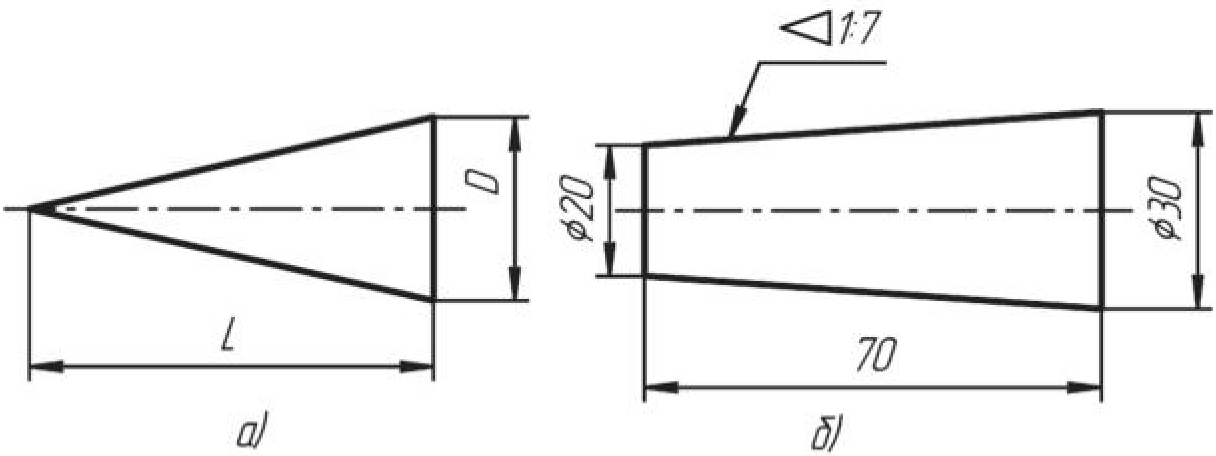


Рис. 49

сторону вершины конуса (рисунок 49, *б).* Подробнее обозначение конусности приведено в разделе 1.7 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

Вопросы для самопроверки

1. Что называется уклоном?

2. Что называется конусностью?

3. Как обозначается на чертеже конусность и уклон?

4. Как определяется конусность и уклон?

ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

В технике встречаются детали, поверхности которых образованы перемещением кривых линий: эллипса, эвольвенты окружности, спирали Архимеда и др. Кривые линии нельзя точно вычертить циркулем, поэтому отдельные точки этих кривых соединяют плавными линиями при помощи лекал. Отсюда название – **лекальные кривые.**

Эвольвента окружности. На рис. 50 приведена эвольвента окружности. Каждая точка прямой, если ее катить без скольжения по окружности, описывает эвольвенту.

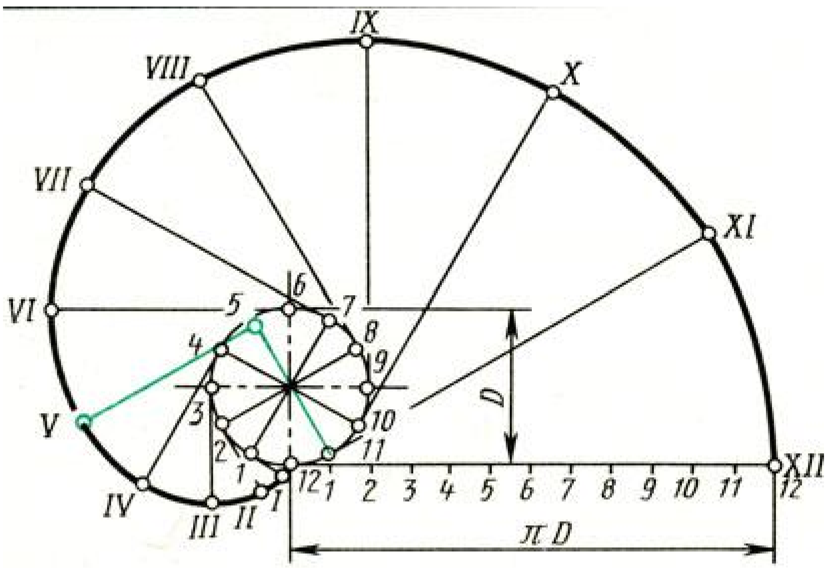


Рис. 50. Эвольвента окружности

Профиль рабочих поверхностей зубьев большинства зубчатых колес имеет эвольвентное очертание (рис. 51).

Рис. 51. Эвольвентный профиль зуба

Спираль Архимеда. На рис. 52 изображена спираль Архимеда. Это плоская кривая, которую описывает точка, равномерно движущаяся от центра О по равномерно вращающемуся радиусу.

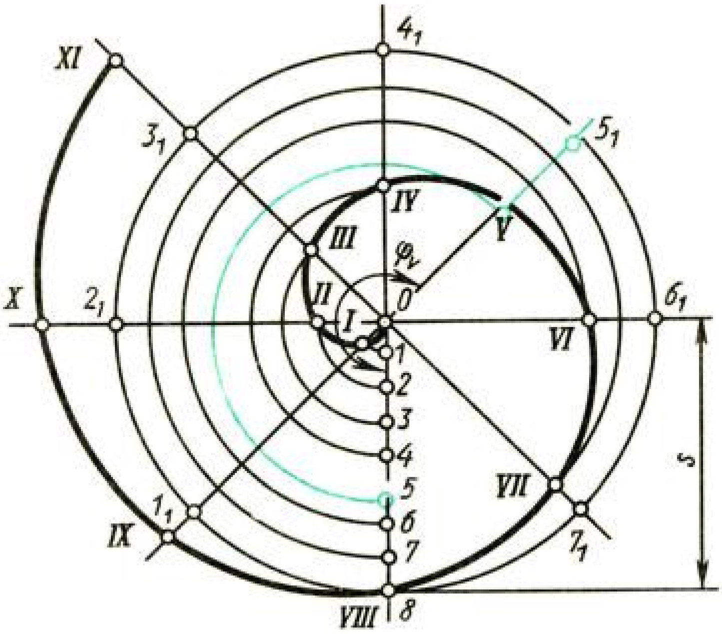


Рис. 52. Спираль Архимеда

По спирали Архимеда нарезают канавку, в которую входят выступы кулачков самоцентрирующего трехкулачкового патрона токарного станка (рис. 74). При вращении конической шестерни, на обратной стороне которой нарезана спиральная канавка, кулачки перемещаются.

При построении лекальных кривых на чертеже можно воспользоваться справочником, чтобы вспомнить, как это делается.

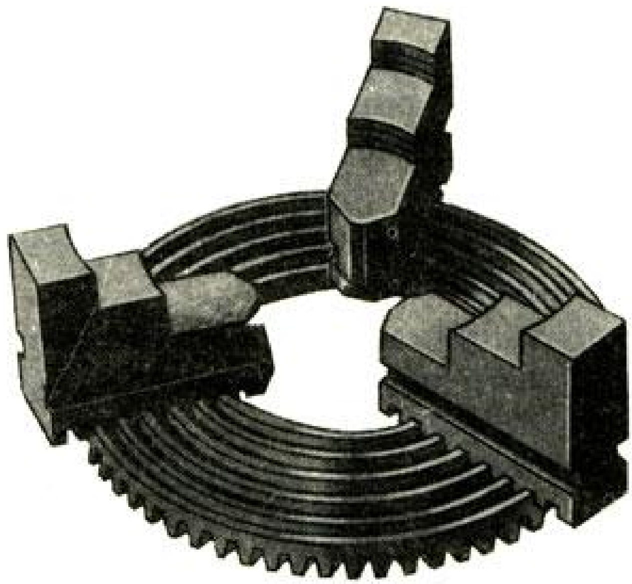


Рис. 53. Спираль Архимеда на тыльной стороне зубчатого колеса токарного патрона

Построение эллипса. Размеры эллипса определяются величинами его большой AB и малой CD осей (рис. 53). Описывают две концентрические окружности. Диаметр большей равен длине эллипса (большой оси AB), диаметр меньшей - ширине эллипса (малой оси CD). Делят большую окружность на равные части, например на 12. Точки деления соединяют прямыми, проходящими через центр окружностей. Из точек пересечения прямых с окружностями проводят линии, параллельные осям эллипса. При взаимном пересечении этих линий получают точки, принадлежащие эллипсу, которые соединяют от руки плавной кривой и обводят по лекалу.

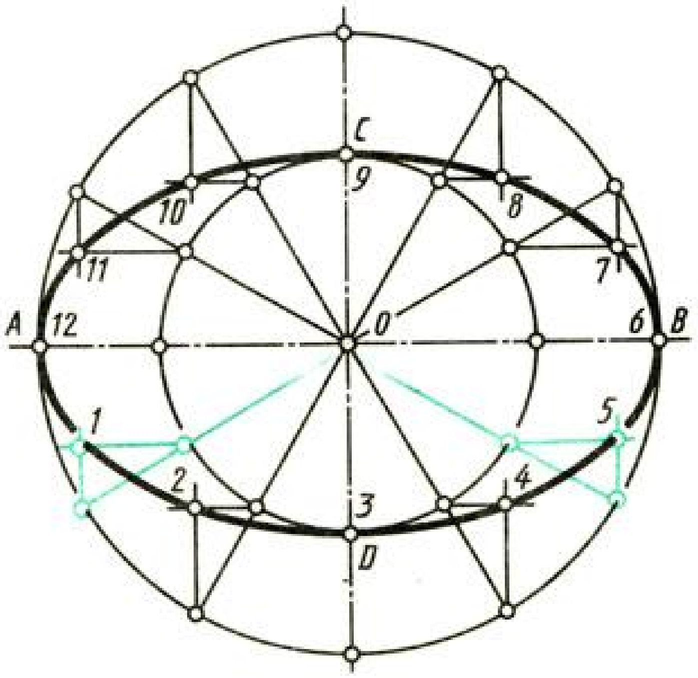


Рис. 54. Построение эллипса

Параболой называют незамкнутую кривую второго порядка, все точки которой равно удалены от одной точки — фокуса и от данной прямой — директрисы.

Рассмотрим пример построения параболы по ее вершине *O* и какой-либо точке *B* (рис. 55, *а). С* этой целью строят прямоугольник *OABC* и делят его стороны на равные части, из точек деления проводят лучи. В пересечении одноимённых лучей получают точки параболы.

Можно привести пример построения параболы в виде кривой, касательной прямой с заданными на них точками *A* и *B* (рис. 55, *б).* Стороны угла, образованного этими прямыми, делят на равные части и нумеруют точки деления.

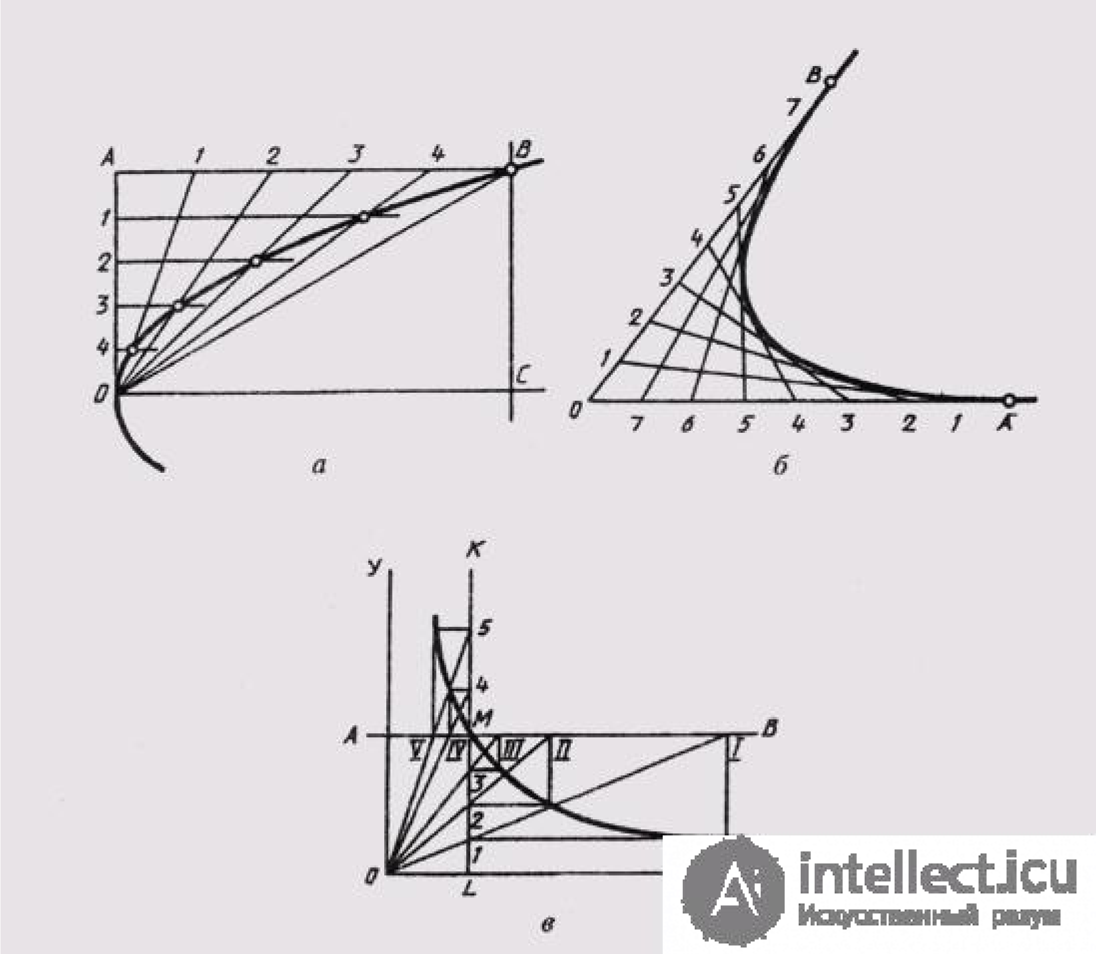


Рис. 55

Одноименные точки соединяют прямыми. Параболу вычерчивают как огибающую этих прямых.

Гиперболой называют плоскую незамкнутую кривую второго порядка, состоящую из двух веток, концы которых удаляются в бесконечность, стремясь к своим асимптотам. Гипербола отличается тем, что каждая точка ее обладает особым свойством: разность ее расстояний от двух данных точек-фокусов есть величина постоянная, равная расстоянию между вершинами кривой. Если асимптоты гиперболы взаимно перпендикулярны, она называется равнобокой. Равнобокая гипербола широко применяется для построения различных диаграмм, когда задана своими координатами одна точка *M* (рис. 55, *в).* В этом случае через заданную точку проводят линии *AB* и *KL* параллельно координатным осям. Из полученных точек пересечения проводят линии, параллельные координатным осям. В их пересечении получают точки гиперболы.

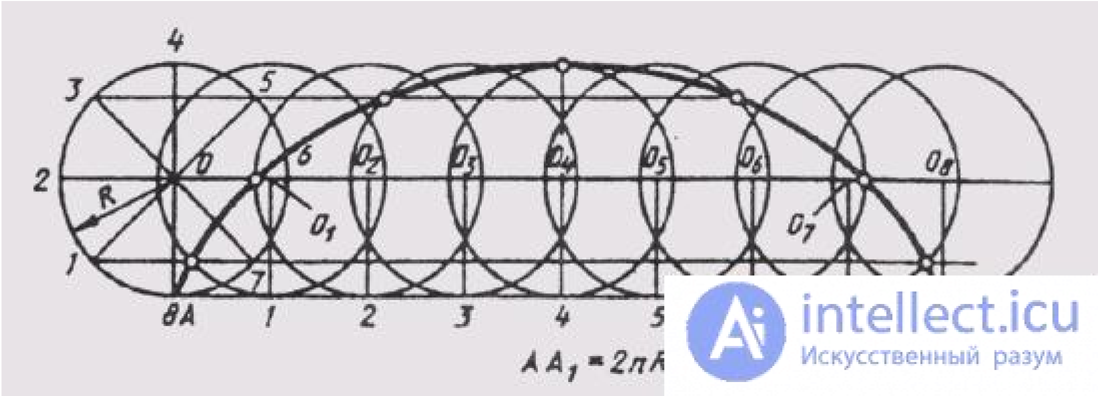


Рис. 56

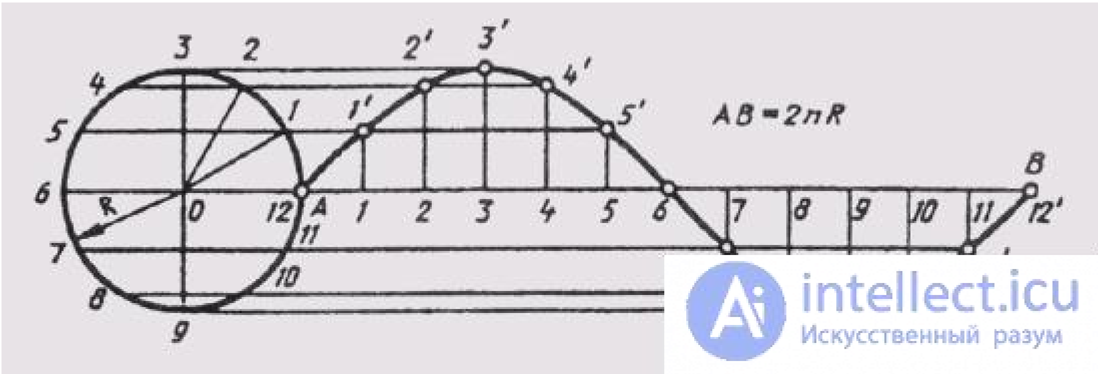


Рис. 57

Циклоидой называют кривую линию, представляющую собой траекторию точки *A* при перекатывании окружности (рис. 56). Для построения циклоиды от исходного положения точки *A* откладывают отрезок *AA],* отмечают промежуточное положение точки *A.* Так, в пересечении прямой, проходящей через точку 1, с окружностью, описанной из центра O_1, получают первую точку циклоиды. Соединяя плавной прямой построенные точки, получают циклоиду.

Синусоидой называют плоскую кривую, изображающую изменение синуса в зависимости от изменения его угла. Для построения синусоиды (рис. 57) нужно разделить окружность на равные части и на такое же количество равных частей разделить отрезок прямой *AB = 2лR.* Из одноимённых точек деления провести взаимно перпендикулярные линии, в пересечении которых получают точки, принадлежащие синусоиде.

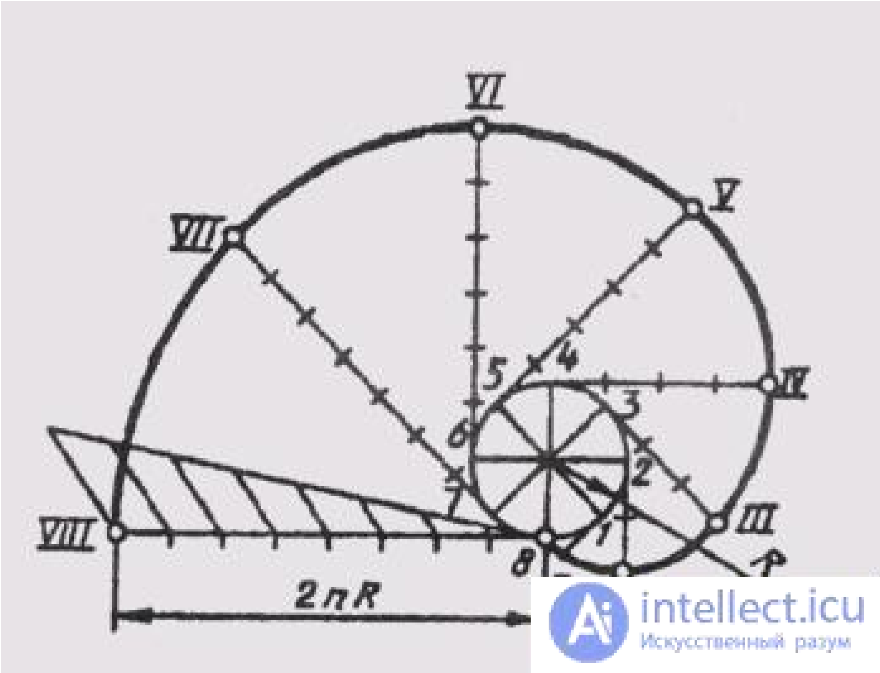


Рис. 58

Эвольвентой называют плоскую кривую, являющуюся траекторией любой точки прямой линии, перекатываемой по окружности без скольжения. Построение эвольвенты выполняют в следующем порядке (рис. 58): окружность делят на равные части; проводят касательные к окружности, направленные в одну сторону и проходящие через каждую точку деления; на касательной, проведённой через последнюю точку деления окружности, откладывают отрезок, равный длине окружности *2*л*R,* который делят на столько же равных частей. На первой касательной откладывают одно деление *2*л*R/n* , на второй — два и т. д.

Полученные точки соединяют плавной кривой и получают эвольвенту окружности.

СОПРЯЖЕНИЕ ЛИНИЙ

В чертежной практике сопряжением называют плавный переход одной линии (прямой или кривой) в другую — кривую или прямую. Общую точку, в которой осуществляется плавный переход, называют точкой сопряжения. Переход будет плавным, если обе сопрягающиеся линии в точке сопряжения имеют общую касательную.

Роль плавных переходов в очертаниях различных изделий техники огромна. Их обуславливают требования прочности, гидроаэродинамики, промышленной эстетики и технологии.

Простейшие сопряжения, особо широко используемые в технике, — плавные переходы прямой линии в прямую линию, прямой линии в дугу окружности и дуги одной окружности в дугу другой.

Для решения этих задач необходимо:

— уметь строить касательную в данной точке окружности (рисунок 59);

— проводить из внешней точки прямую, касательную к окружности (рисунок 60);

— помнить, что центры окружностей, соприкасающихся внешним образом, находятся на расстоянии суммы их радиусов (рисунок 61), а внутренним — на расстоянии разности их радиусов (рисунок 62), причём точка касания (сопряжения) всегда лежит на прямой, проходящей через их центры;

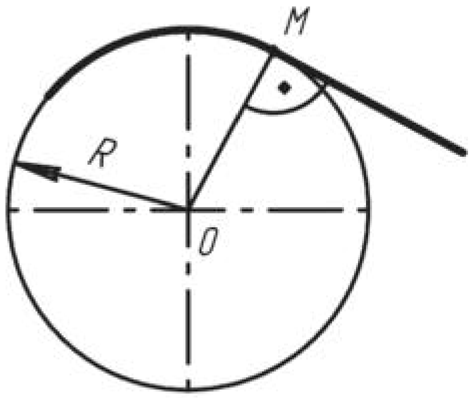


Рисунок 59

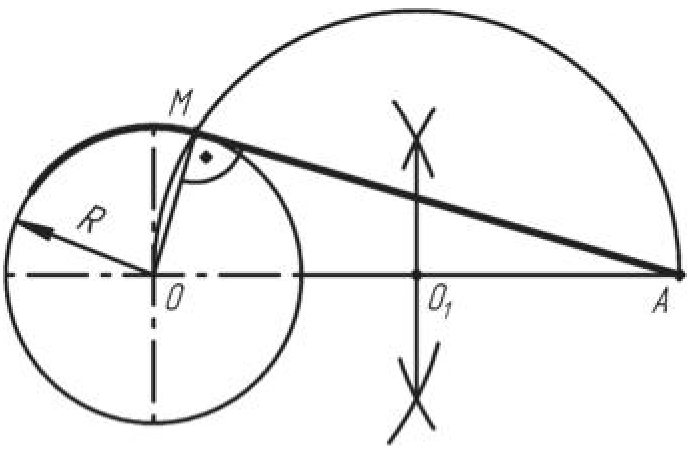


Рисунок 60

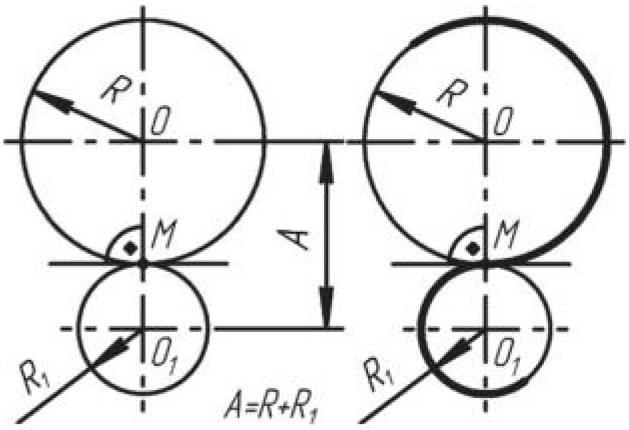


Рисунок 61

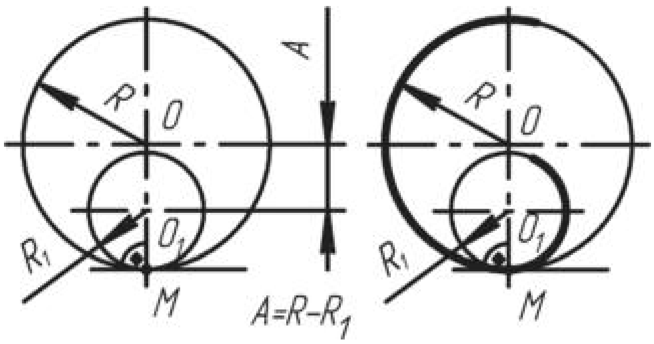


Рисунок 62

— знать, что для сопряжения прямой линии и дуги необходимо, чтобы центр окружности, которой принадлежит дуга, лежал на перпендикуляре к прямой, восставленном из точки сопряжения (рисунок 59);

— знать, что для сопряжения двух дуг необходимо, чтобы центры окружностей, которым принадлежат дуги, лежали на прямой, проходящей через точку сопряжения (рисунки 61 и 62).

Изложенное позволяет легко уяснить последовательность решений задач на сопряжения.

На рисунке 62 приведены примеры построения сопряжений дугой заданного радиуса *R* двух прямых, образующих острый (рисунок 62, *а),* тупой (рисунок 62, *б)* и прямой (рисунок 62, *в)* углы.

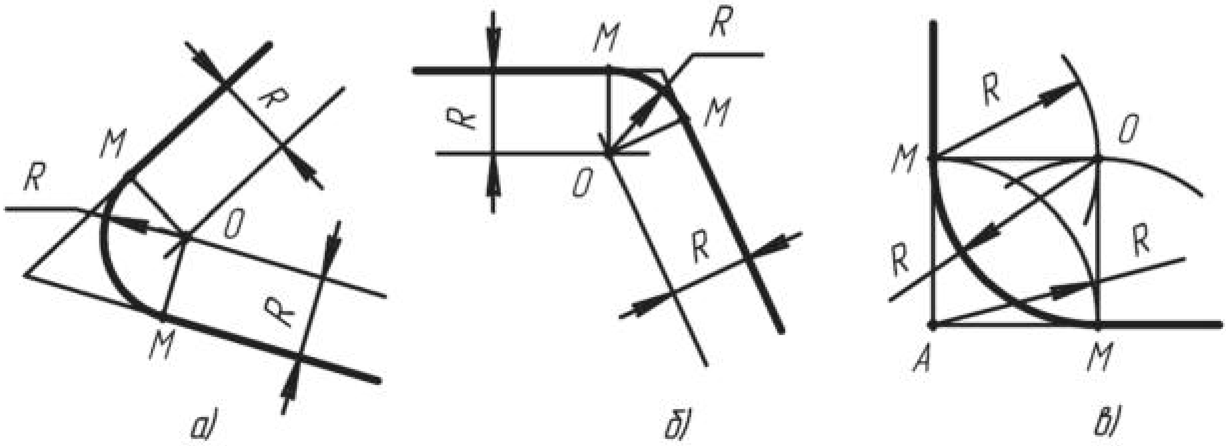


Рисунок 62

Точки *M* — точки сопряжения.

Центр сопряжения О определяется как точка пересечения вспомогательных прямых, параллельных сопрягаемым прямым и проведённым на расстоянии R от них. Перпендикуляры, опущенные из центра О на сопрягаемые прямые, определяют точки сопряжения (касания) М. При построении сопряжения сторон прямого угла (рисунок 62, в) центр дуги сопряжения проще находить с помощью циркуля. Из вершины угла Л проводят дугу радиусом R, равным радиусу сопряжения. На сторонах угла получают точки сопряжения М. Из этих точек, как из центров, проводят дуги радиусом R до взаимного пересечения в точке О, являющейся центром сопряжения. Из центра О описывают дугу сопряжения.

На рисунке 63 показано сопряжение дуги окружности радиусом R_1 и прямой линии *a* дугой окружности радиуса *R* с внешним касанием.

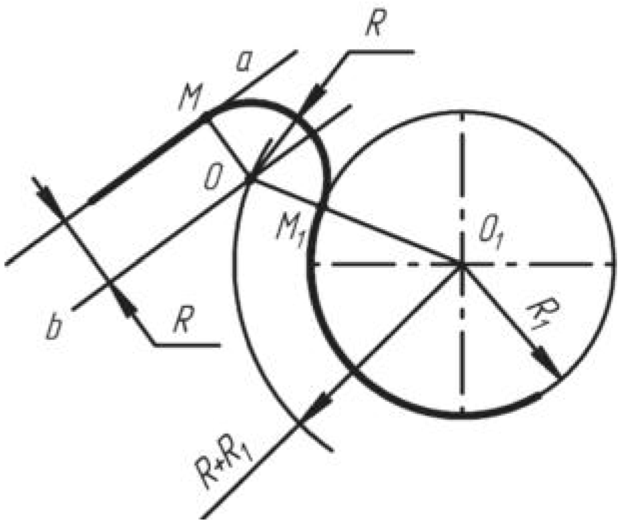


Рисунок 63

Параллельно заданной прямой на расстоянии, равном радиусу R (радиус сопрягаемой дуги), проводят прямую *Ь*. Из центра <9, проводят дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов R и $R_{]}$, до пересечения ее с прямой b в точке O. Точка O является центром дуги сопряжения.

Точку сопряжения $M_{\{}$ находят на пересечении прямой OO_x с дугой окружности радиуса R_v Точка сопряжения M является основанием перпендикуляра, опущенного из центра O на данную прямую a.

На рисунке 63 показан пример, при вычерчивании которого необходимо построение внутреннего и внешнего сопряжения. При *внутреннем* сопряжении (рисунок 63, *а)* центры 0_2 и O_x сопрягаемых дуг находятся внутри сопрягающей дуги радиуса R. При *внешнем* сопряжении

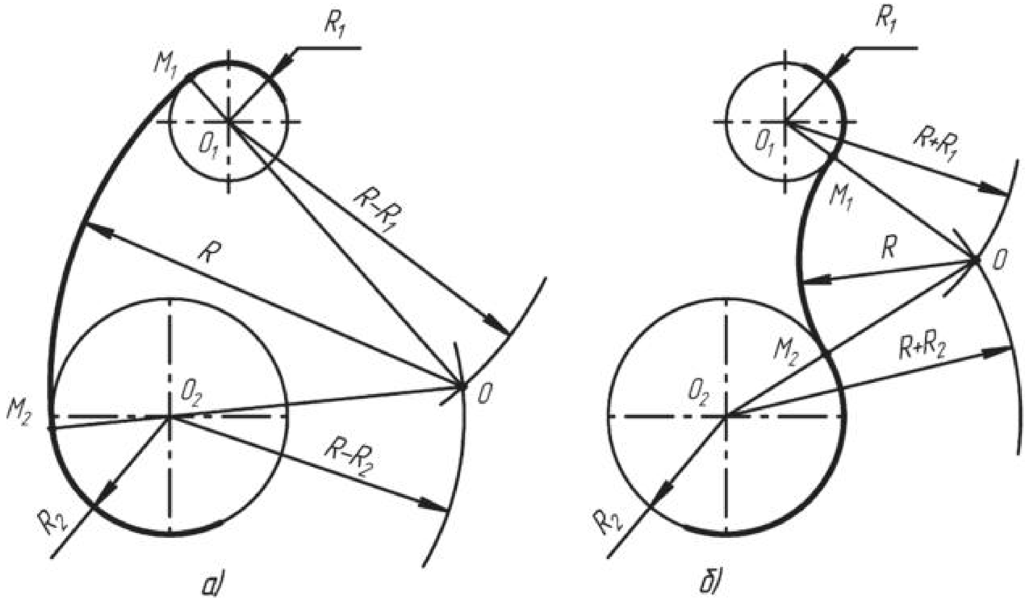


Рисунок 63

(рисунок 63, *б)* центры 0_2 и O_x сопрягаемых дуг радиусов R_x и R_2 находятся вне сопрягающей дуги радиуса R.

Для построения *внутреннего* сопряжения должны быть заданы радиусы сопрягаемых окружностей R_x и R_2, положение точек центров O_x и 0_2 этих окружностей, радиус R сопрягающей дуги.

Требуется определить положение центра O сопрягающей дуги, и найти точки сопряжения M_x и M_2.

На чертеже намечают центры 0_2 и O_x, из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_x и R_2. Из центра O_x проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным разности радиусов сопрягающей дуги R и сопрягаемой R_x, а из центра 0_2 — радиусом, равным разности радиусов сопрягающей дуги R и сопрягаемой R_2. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O, которая и будет искомым центром сопрягающей дуги. Для нахождения точек сопряжения точку O соединяют с точками 0_2 и O_x прямыми линиями. Точки пересечения продолжения прямых 0_20 и 00, с сопрягаемыми дугами являются искомыми точками сопряжения (точки M_2 и M_x). Радиусом R из центра O проводят сопрягающую дугу между точками сопряжения M_2и M_x.

Для построения *внешнего* сопряжения с теми же исходными данными из центра O_x проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_x и сопрягающей R, а из центра 0_2 — радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_2 и сопрягающей R. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O, которая будет искомым центром сопрягающей дуги. Для нахождения точек сопряжения центры дуг соединяют прямыми линиями 00_2 и O_xO. Эти две прямые пересекают сопрягаемые дуги в точках сопряжения M_2 и M_x. Из центра O радиусом R проводят сопрягающую дугу, ограничивая ее точками сопряжения M_2 и M_x.

Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте понятие «сопряжение».

2. Как определяются точки сопряжения?

3. На чем основан общий прием нахождения центра сопрягающей дуги?

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КОНТУРА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ.

Порядок выполнения работы:

1. Начертить рамку и основную надпись Перед выполнением работы продумать следующие моменты: - изучить габаритные размеры детали и выбрать масштаб - просмотреть, какие виды сопряжений встречаются при выполнении чертежа

2. Продумать масштаб

3. Проанализировать, какие виды сопряжений встречаются при выполнении чертежа

4. Выбрать расположение чертежа на формате и вычертить предложенную деталь в тонких линиях

5. Нанести размеры

6. Проверить чертёж

7. Выполнить обводку, заполнить основную надпись

Образец выполнения графической работы «Контуры деталей»

1. Вычертить внутреннюю рамку;
2. Оформить основную надпись;
3. Определить габаритные размеры;
4. Вычертить оси;
5. Тонкими линиями прочертить окружности;
6. Выполнить деление окружности на равные части;
7. Построить сопряжения (оставить построения на чертеже);
8. Проставить размеры;
9. Обвести контур детали