2.2. Геометрические построения на чертежах.

При выполнении машиностроительных, строительных и других видов чертежей часто приходится применять различные виды геометрических построений (деление отрезков, дуг и окружностей, выполнение плавных переходов от одной линии к другой, построение касательных к объектам и т.д.).

Применение некоторых геометрических построений также необходимо при компоновке и оформлении чертежей.

Для того чтобы возможно быстрее и правильнее выполнять чертежи, необходимо знать не только различные виды геометрических построений, но надо уметь в каждом конкретном случае применять те из них, которые были бы наиболее простыми и выполнение которых, занимало бы возможно меньшее время.

2.2.1. Уклон и конусность.

Наклонные прямые элементы изображенного предмета характеризуются углами наклона к горизонтальной прямой или уклоном.

Уклоном (i) – называется отношение превышения прямой BC к горизонтальной ее проекции AC.

$$i = BC/AC = \text{tg}\alpha$$

Другими словами, уклон – это отношение противолежащего катета BC к прилежащему AC, т.е. tgα (рис.2.2.1).

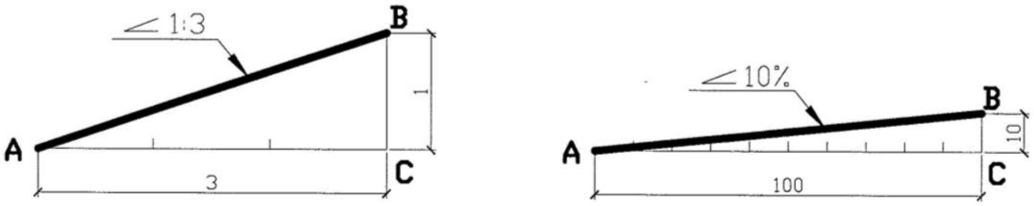

Рис.2.2.1. Построение и обозначение уклона

Уклоны выражают отношением чисел (1 : 10) или в процентах (10%). На чертежах уклон обозначают значком ∠, который ставят перед размерным числом, определяющим уклон, параллельно основному направлению. Вершина угла направлена в сторону уклона. Обозначение уклона наносят на полке линии-выноски или непосредственно над линией контура.

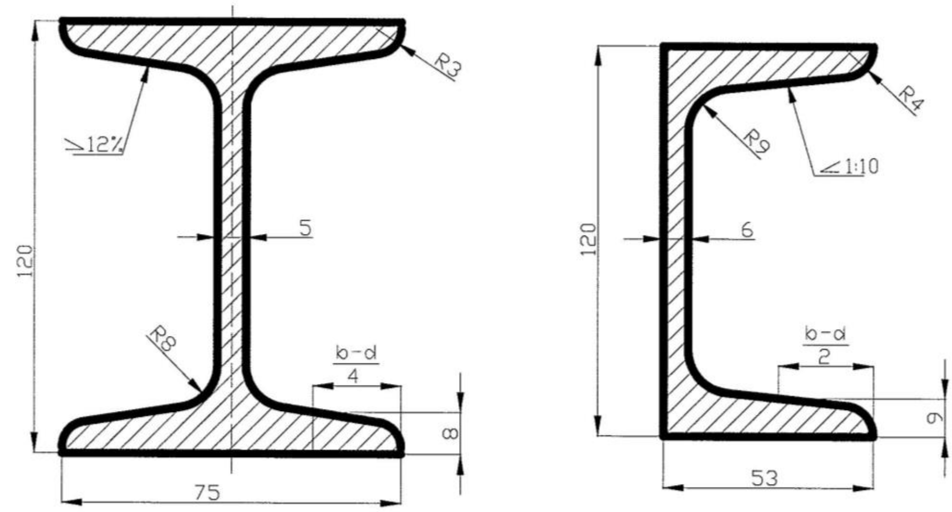

Рис.2.2.2. Пример использования уклона (двутавр и швеллер)

На чертеже, изображающем предмет конической формы, указывают степень его конусности.

Конусностью (k) – называется отношение диаметра окружности основания прямого конуса D к его высоте H.

$$k = D/H$$

Усеченный конус (k) – называется отношение разности диаметров оснований конуса (D-d) к его высоте h.

$$k = (D-d)/h = 2tg\alpha, \text{ следовательно, } k = 2i.$$

Перед размерным числом, определяющем конусность, ставят знак ◁ в виде равнобедренного треугольника, острый угол которого направлен в сторону вершины конуса (рис.2.2.3).

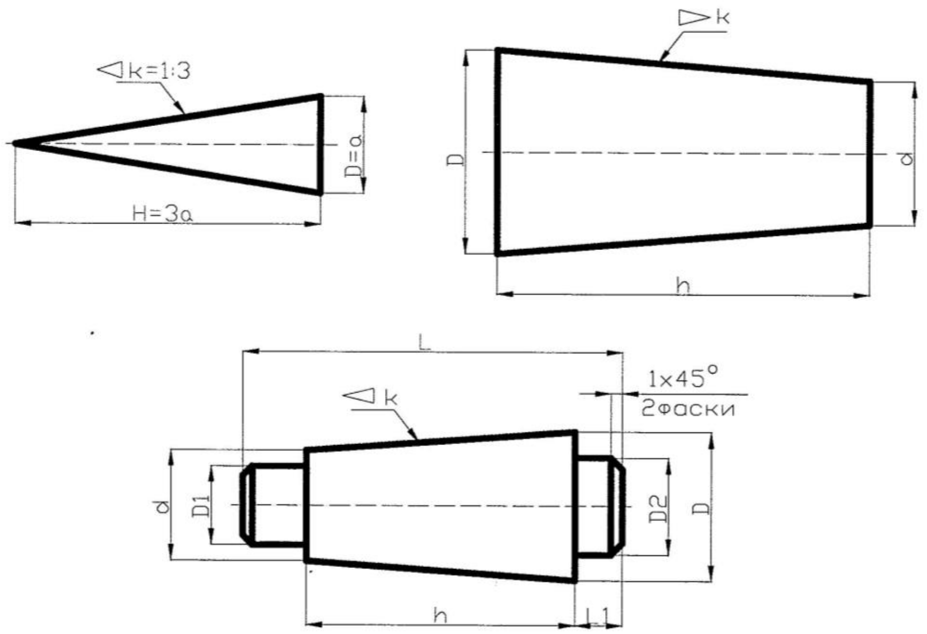

Рис.2.2.3. Построение и обозначение конусности

2.2.2. Деление отрезков и углов.

2.2.2.1. Деление отрезка прямой на две и четыре равные части.

Для деления отрезка прямой АВ на две равные части из точки А и В радиусом, большим половины отрезка, проводят дуги выше и ниже данного отрезка (рис.2.2.4). Полученные от пересечения дуг точки С и D соединяют прямой, которая в точке Е разделит пополам отрезок АВ (в тоже время проведенная прямая CD перпендикулярна к АВ).

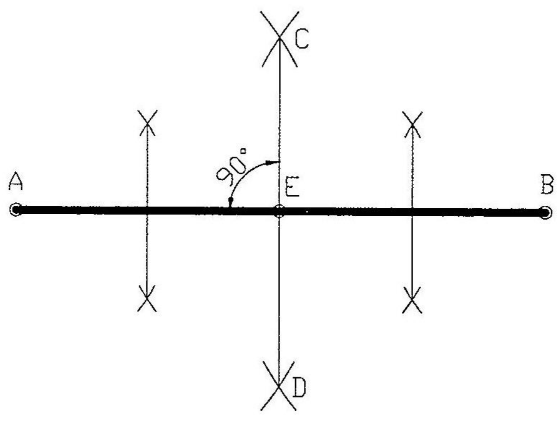

Рис.2.2.4. Деление отрезка на две и четыре части

Чтобы разделить отрезок АВ на четыре равные части, делят каждую половину пополам тем же приемом.

2.2.2.2. Деление отрезка прямой на любое число равных частей.

Рассмотрим пример (рис.2.2.5), где отрезок АВ разделен на семь равных частей.

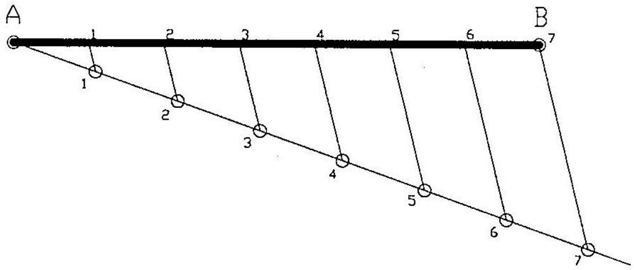

Рис.2.2.5. Деление отрезка на равные части

Из конца А отрезка под произвольным углом проводят прямую линию, на которой из точки А откладывают семь равных отрезков произвольной длины. Точку 7 соединяют с точкой В и через точки 1, 2, 3, 4, 5, 6 проводят прямые, параллельные отрезку 7В. Пересекаясь с отрезком АВ, прямые разделят его на семь равных частей.

2.2.2.3. Деление угла на две равные части.

Из вершины угла О произвольным радиусом опишем дугу АВ, пересекающую стороны угла (рис.2.2.6).

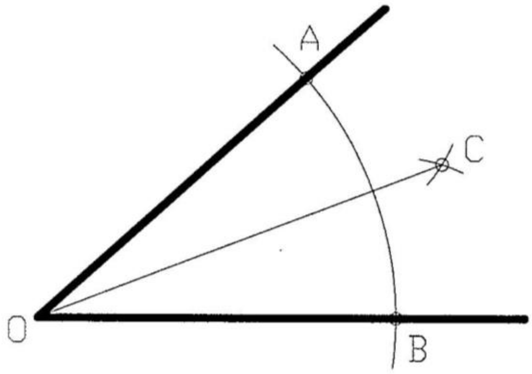

Рис.2.2.6. Деление угла на две равные части

Из полученных точек радиусом большим, чем половина дуги (или равным первому радиусу), строится пересечение дуг. Прямая ОС, соединяющая точку пересечения дуг с вершиной, делит угол пополам.

2.2.2.4. Деление прямого угла на три равные части.

Из вершины угла О произвольным радиусом опишем дугу АВ, пересекающую стороны угла (рис.2.2.7).

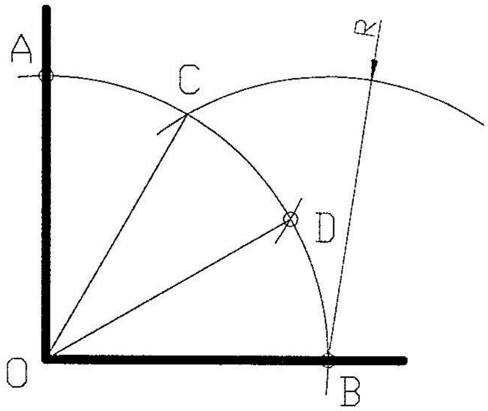

Рис.2.2.7. Деление прямого угла на три равные части

Из полученных точек тем же радиусом сделаем засечки на проведенной дуге. Прямые, соединяющие точки C и D с вершиной O, делят прямой угол на три равные части.

2.2.3. Построение правильных многоугольников.

2.2.3.1. Равносторонний треугольник и правильный шестиугольник.

Раствором циркуля, равным радиусу R окружности, делим окружность на шесть частей. Отметим точки деления цифрами 1, …, 6 (рис.2.2.8).

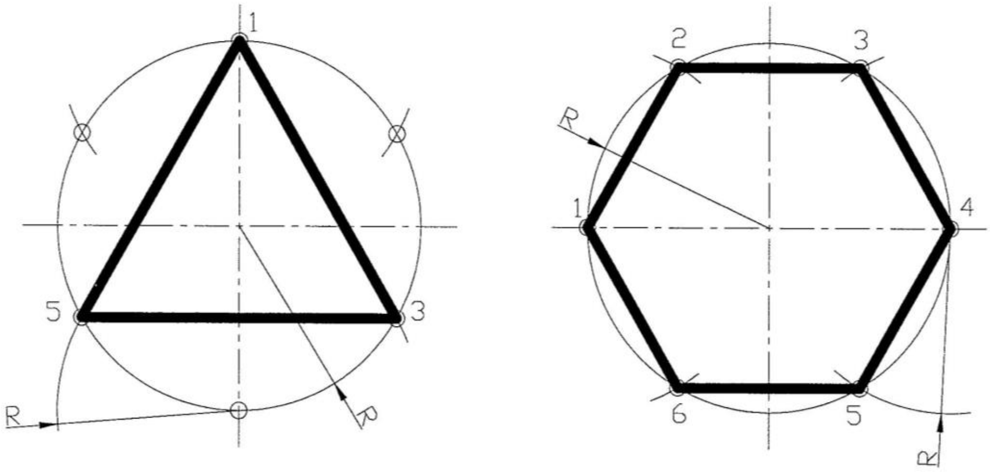

Рис.2.2.8. Построение равностороннего треугольника и правильного шестиугольника

Соединив последовательно соседние точки деления прямыми, получим правильный шестиугольник 1-2-3-4-5-6, а соединив точки деления через одну, - равносторонний треугольник 1-3-5.

2.2.3.2. Квадрат и правильный восьмиугольник.

В окружности проведем два взаимно перпендикулярных диаметра. Две четверти окружности делим пополам с помощью засечек дугами (рис.2.2.9).

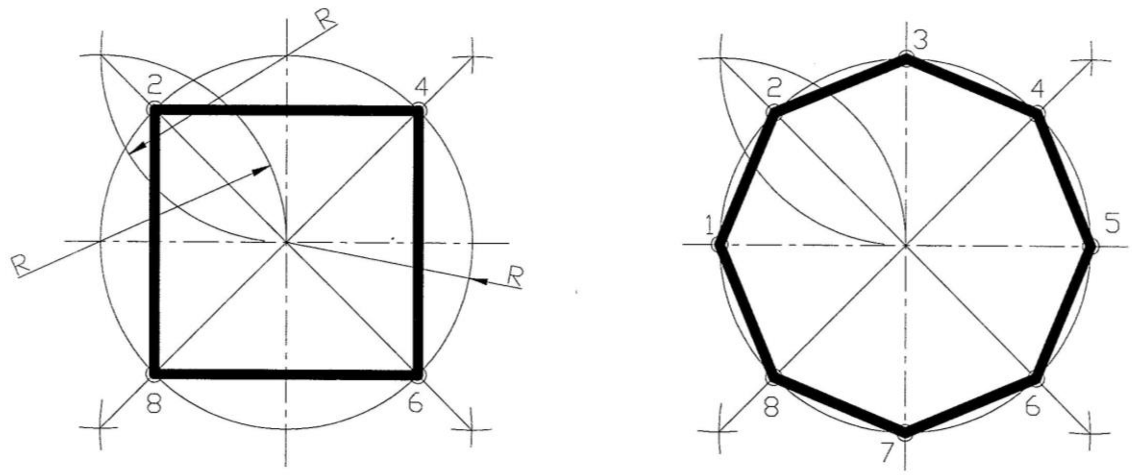

Рис.2.2.9. Построение квадрата и правильного восьмиугольника

Проведя прямые через точки А и В и центр окружности О, разделим последнюю на восемь частей. Полученные точки деления обозначим цифрами 1, 2, … 8. соединив точки деления окружности прямыми линиями через одну, получим квадрат 2-4-6-8, а соединив последовательно все точки деления прямыми, - правильный восьмиугольник 1-2-3-4-5-6-7-8.

2.2.3.3. Правильный пятиугольник.

Проведем взаимно перпендикулярные диаметры АВ и 5D (рис.2.2.10).

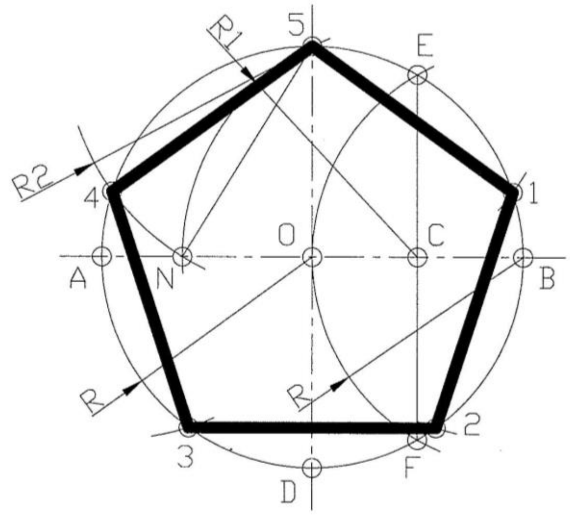

Рис.2.2.10. Построение правильного пятиугольника

Разделим один из радиусов ОВ пополам с помощью дуги того же радиуса, соединив точки пересечения с окружностью прямой линией ЕС. Радиусом 5С из точки С проведем дугу окружности до пересечения с горизонтальным диаметром в точке N. Прямая 5N равна стороне вписанного пятиугольника.

2.2.4. Построение касательных к окружности.

2.2.4.1. Касательная из точки, лежащей вне окружности.

Соединим заданную точку A с центром окружности O (рис.2.2.11).

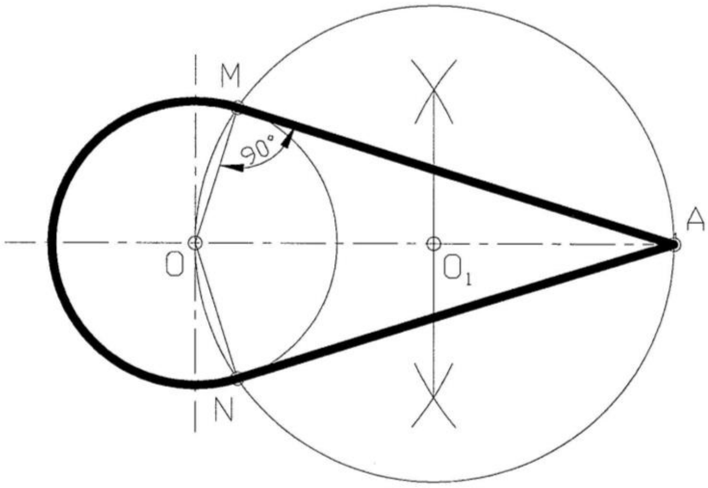

Рис.2.2.11. Построение касательной прямой из точки, лежащей вне окружности

Разделим отрезок прямой OA пополам и из полученной точки O_1 на отрезке AO, как на диаметре, опишем окружность, которая пересечет заданную окружность в искомых точках касания M и N. Соединив полученные точки M и N с точкой A, построим прямые AM и AN, которые касаются данной окружности в точках M и N.

2.2.4.2. Касательная к двум окружностям.

При построении касательных к двум окружностям возможны два случая: внешнее и внутреннее касания.

Для построения *внешней касательной* (рис.2.2.12а) проведем из центра O вспомогательную окружность радиусом, равным разности R-R_1, и определим на ней точку касания C_1, как показано на рис.2.2.11. продолжим радиус OC_1 до пересечения с заданной окружностью в искомой точке касания T_1. Из точки O_1 второй окружности проведем радиус O_1T_2, параллельной радиусу OT_1. Точки T_1 и T_2 будут точками касания, а прямая T_1T_2 – внешней касательной.

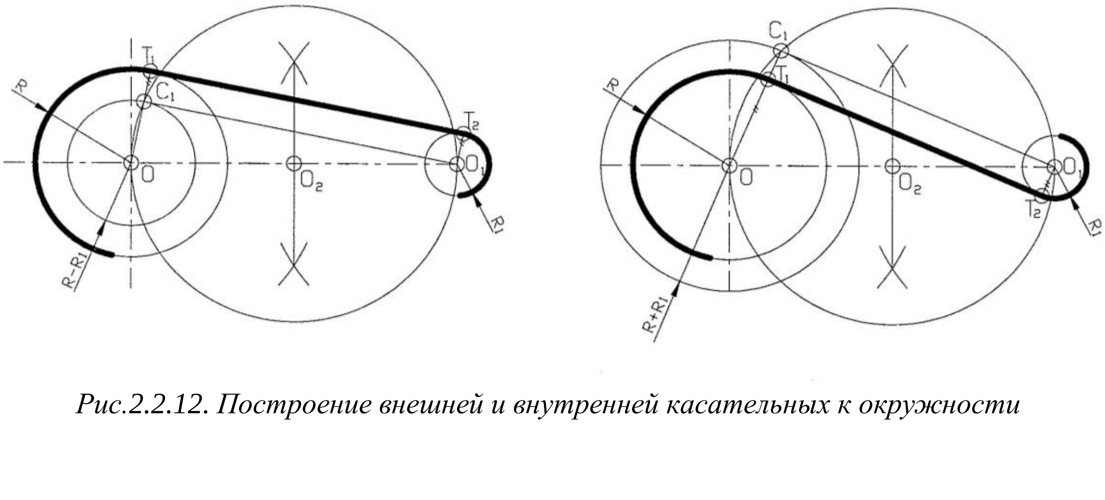

Рис.2.2.12. Построение внешней и внутренней касательных к окружности

При построении *внутренней касательной* к окружности вспомогательную окружность проведем радиусом, равным сумме $R+R_1$. Дальнейшие построения схожи с предыдущим вариантом, рассмотренным выше, см. рис.2.2.12б.

2.2.5. Сопряжение.

Сопряжением – называется плавный переход одной линии (прямой или кривой) в другую.

При сопряжении кривой и прямой линий прямая служит касательной к кривой.

Точка сопряжения – это точка, в которой одна линия переходит в другую.

При вычерчивании сопряжений необходимо, во-первых, построить центр сопрягающей дуги и, во-вторых, определить точки сопряжения или касания.

2.2.5.1. Сопряжение прямых линий.

Пересекающиеся прямые образуют острый, прямой или тупой угол. Центр дуги окружности, сопрягающий стороны угла, находится на биссектрисе гула и отстоит от сторон угла на расстоянии, равном радиусу сопрягающей дуги. Точка сопряжения лежит на пересечении перпендикуляра, опущенного на прямую из центра сопрягающей дуги.

Сопряжение сторон углов выполним так (рис.2.2.13).

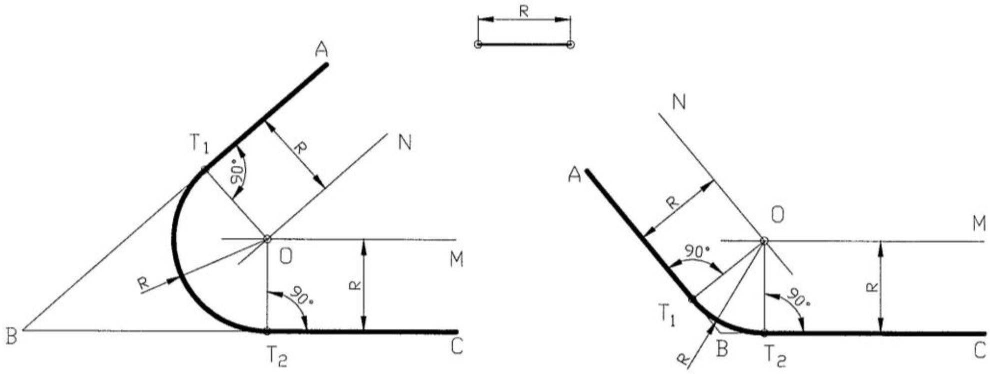

Рис.2.2.13. Сопряжение сторон углов

Сначала найдем центр O сопрягающей дуги. Для этого внутри углов параллельно его сторонам проведем на расстоянии R вспомогательные прямые OM и ON. Точка O пересечение прямых – центр сопрягающей дуги окружности. Опустив перпендикуляры OT_1, OT_2 из центра О на стороны углов, получим точки сопряжения T_1 и T_2.

2.2.5.2. Сопряжение прямой линии с окружностью.

Рассмотрим построение сопряжения дугой заданного радиуса R прямой с дугой окружности радиуса R_1 (рис.2.2.14).

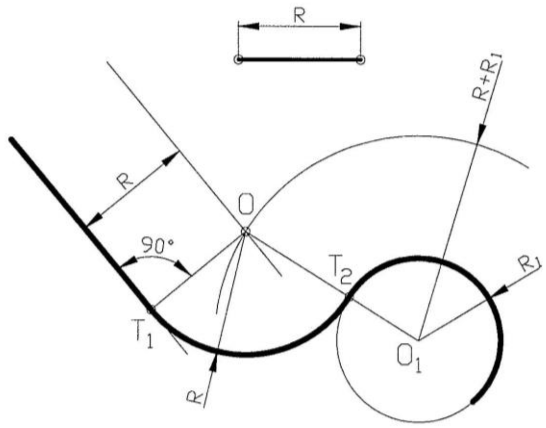

Рис.2.2.14. Сопряжение прямой линии с окружностью

Центром сопряжения О будет точка пересечения вспомогательной прямой, параллельной заданной и расположенной на расстоянии R, со вспомогательной дугой радиуса $R+R_1$, проведенной из центра окружности O_1. Точка сопряжения T_1 будет основанием перпендикуляра, опущенного из точки О на сопрягаемую прямую, а точка сопряжения T_2 получена на пересечении сопрягаемой дуги с линией, соединяющей центры О и O_1.

2.2.5.3. Сопряжение двух окружностей.

Существует несколько типов сопряжения дуг двух окружностей дугой заданного радиуса: внешнее, внутреннее и смешанное.

Рассмотрим пример *внешнего сопряжения* (рис.2.2.15) дугой заданного радиуса R двух дуг окружностей, построенных из центров O_1 и O_2 радиусами R_1 и R_2.

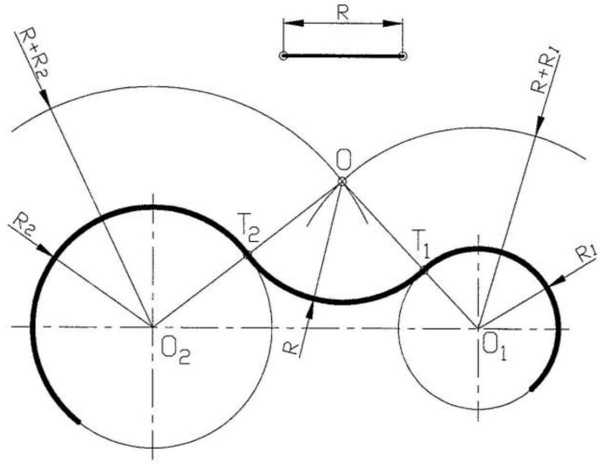

Рис.2.2.15. Внешнее сопряжение двух дуг окружностей

Сопрягающая дуга касается данных окружностей внешней стороной.

Центр сопрягающей дуги О находится в точке пересечения вспомогательных окружностей радиусов $R+R_1$ и $R+R_2$ построенных соответственно из центров O_1 и O_2. Точки сопряжения T_1 и T_2 расположены на прямых, соединяющих центры окружностей с центром сопряжения.

Рассмотрим пример *внутреннего сопряжения* (рис.2.2.16) дугой заданного радиуса R двух дуг окружностей, построенных из центров O_1 и O_2 радиусами R_1 и R_2.

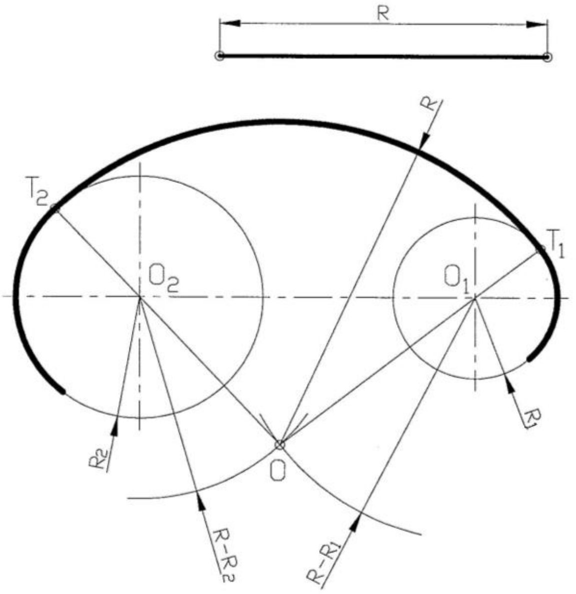

Рис.2.2.16. Внутреннее сопряжение двух дуг окружностей

Сопрягающая дуга касается данных окружностей внутренней стороной.

Центр сопрягающей дуги О будет находится в точке пересечения вспомогательных окружностей радиусов $R\text{-}R_1$ и $R\text{-}R_2$ построенных соответственно из центров O_1 и O_2. Точки сопряжения T_1 и T_2 расположены на прямых, проходящих через центры окружностей и центр сопряжения.

Рассмотрим пример *смешанного сопряжения* (рис.2.2.17) дугой заданного радиуса R двух дуг окружностей, построенных из центров O_1 и O_2 радиусами R_1 и R_2.

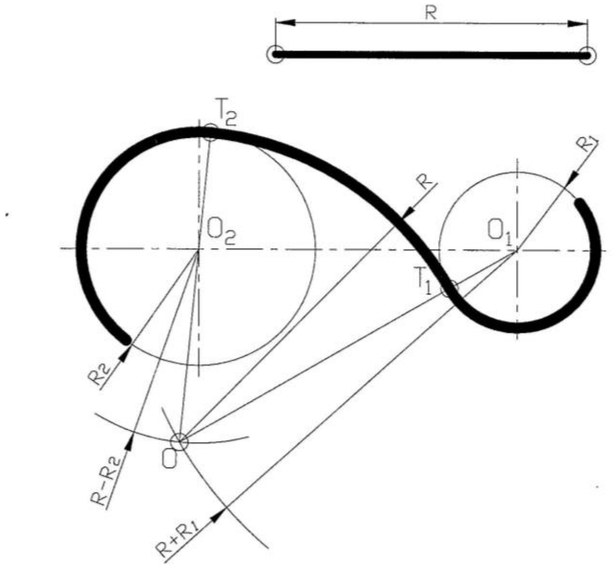

Рис.2.2.17. Смешанное сопряжение двух дуг окружностей

Сопрягающая дуга касается одной из данных окружностей внутренней стороной, а другой - внешней.

Центр сопрягающей дуги O будет находится в точке пересечения вспомогательных окружностей радиусов $R+R_1$ и $R-R_2$ построенных соответственно из центров O_1 и O_2. Точки сопряжения T_1 и T_2 расположены на прямых, проходящих через центры окружностей и центр сопряжения.

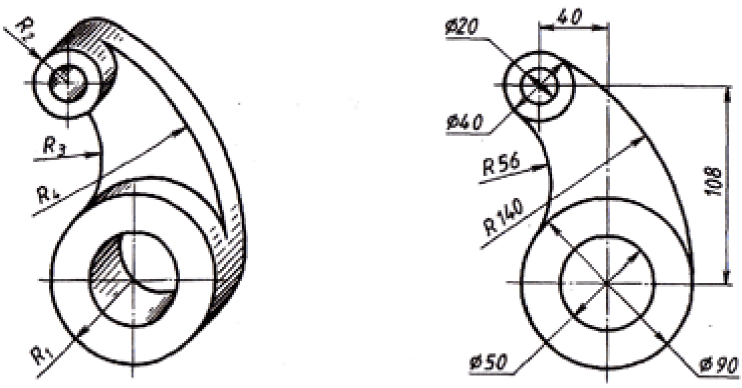

Рис.2.2.18. Пример применения сопряжений

2.2.6. Циркульные и лекальные кривые линии.

Сочетание дуг окружностей, последовательно сопряженных между собой и выполняемых с помощью циркуля, образуют *циркульные кривые линии*.

Для построения *лекальных кривых* определяют точки, принадлежащие кривой, а затем соединяют их с помощью лекала.

2.2.6.1. Овал.

Овал является циркульной кривой. Их строят обычно по четырем центра.

Овалы – замкнутые выпуклые кривые линии с одой или двумя осями симметрии, образованные сопряженными между собой дугами окружностей.

На рис.2.2.19 приведено одно из возможных построений овала по заданным осям.

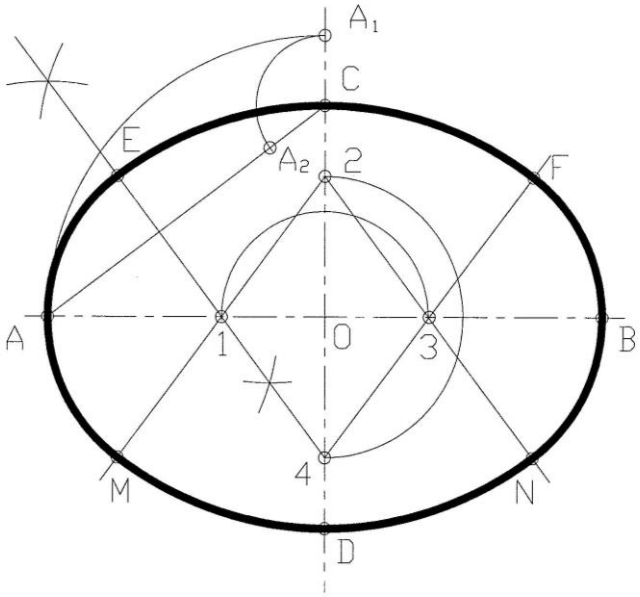

Рис.2.2.19. Построение овала

Из точки пересечения осей O радиусом, равным половине большой оси, проведем дугу окружности до пересечения с продолжением малой оси. Отрезок A_1C является разностью полуосей. Соединим концы осей прямой AC, на которой отложим отрезок CA_2, равный A_1C. Оставшуюся часть прямой (отрезок AA_2) разделим пополам и через середину этого отрезка проведем перпендикуляр до пересечения с горизонтальной осью в точке 1, а с вертикальной – в точке 4. точки 1 и 4, а также симметричные им точки 2 и 3 будут центрами дуг окружностей овала. Точки сопряжения E, F, N, M находятся на линиях этих центров.

2.2.6.2. Эллипс.

Эллипс является локальной кривой. Оси эллипса – большая AB и малая CD – взаимно перпендикулярны и одна делит другую пополам. Оси делят кривую эллипса на четыре равные, попарно симметричные части.

Эллипс — плоская кривая, являющаяся геометрическим местом точек, сумма расстояний от каждой из которых до двух фиксированных точек, называемых фокусами, есть величина постоянная.

На рис.2.2.20 приведен один из способов построения эллипса по его осям.

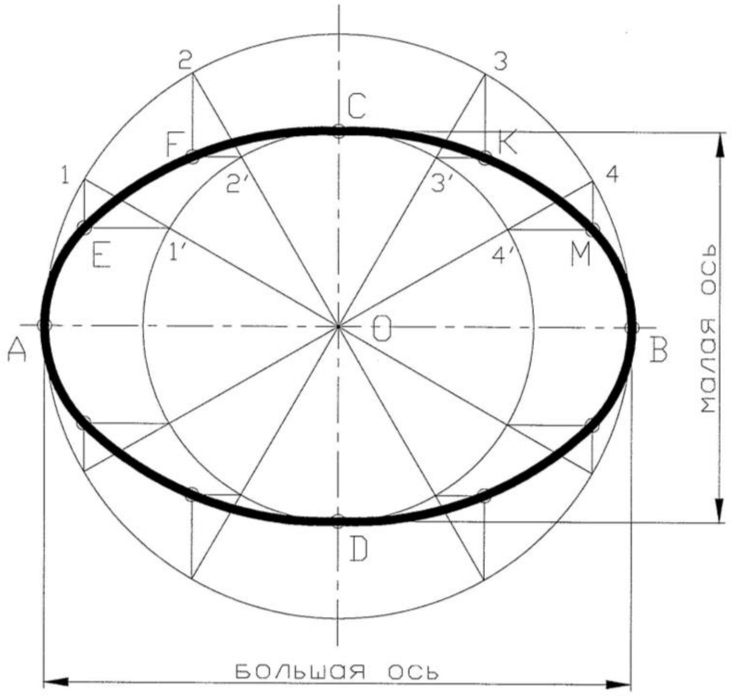

Рис.2.2.20. Построение эллипса

На заданных осях AB и CD, как на диаметрах, строим две концентрические окружности с центром в точке O. Большую окружность делим на произвольное число частей, и полученные точки соединим прямыми с центром O. Из точек пересечения 1, 1’, 2, 2’, 3, 3’, 4, 4’ со вспомогательными окружностями проведем отрезки вертикальных и горизонтальных прямых до их взаимного пересечения в точках E, F, K, M, принадлежащих эллипсу. Соединив с помощью лекала построенные точки плавной кривой, получим эллипс.

Вопросы для самопроверки.

1. Что называется уклоном и как он обозначается на чертежах?
2. Что называется конусностью и как он обозначается на чертежах?
3. Как разделить отрезок прямой на любое число равных частей?
4. Как разделить окружность на шесть и восемь равных частей?
5. Каким образом определяют точки касания прямой линии к окружности и точки сопряжения двух окружностей?
6. Что называют сопряжением линий?
7. Чему равняется расстояние между центрами данной дуги и дуги перехода при построении внешней дуги перехода?
8. Чему равняется расстояние между центрами данной дуги и дуги перехода при построении внутренней дуги перехода?
9. Какие кривые называют лекальными?
10. Какие кривые называют циркульными?