

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Инженерная графика»

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.  
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА.  
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

**Методические рекомендации  
к практическим занятиям  
для студентов всех специальностей  
и направлений подготовки  
дневной и заочной форм обучения**

**«ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ»**



Могилев 2019

УДК 744 + 004.92  
ББК 30.11 + 32.973.26-02  
И 62

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Инженерная графика» «11» декабря 2018г.,  
протокол № 5

Составители: канд. техн. наук, доц. Н. Н. Гобралев;  
ст. преподаватель Н. М. Юшкевич

Рецензент канд. техн. наук, доц. И. Д. Камчицкая

В методических рекомендациях приведены правила построения уклонов, конусности, сопряжений и лекальных кривых, необходимые при разработке технических чертежей. Раздел деления окружности на части имеет практическую ценность при выполнении разметочных работ в слесарном деле.

Учебно-методическое издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.  
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА.  
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск Н. Н. Гобралев

Технический редактор А. Т. Червинская

Компьютерная верстка М. М. Дударева

Подписано в печать . Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл.печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 115 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© «Белорусско-Российский  
университет», 2019

## Содержание

Введение.....	4
1 Уклон: область применения, характеристика, построение.....	5
2 Конусность: область применения, характеристика, построение.	7
3 Нахождение центра окружности и деление ее на равные части.	9
4 Сопряжения: область применения, характеристика, построение	12
5 Лекальные кривые: область применения, характеристика, построение .....	15
Список литературы.....	18

## Введение

Общеизвестно, что грамотно и точно выполненные чертежи позволяют уже на стадии проектирования определять стоимость изделий. Особенно это проявляется при изготовлении дорогостоящих объектов, например, религиозно-культовых сооружений, где предполагается для покрытия куполов использовать сусальное золото. Поэтому очень важно уметь строить обводы названных куполов, чтобы они были технологичны и при их возведении не происходило отступление от проектов.

В машиностроении также имеется множество деталей, чертежи которых точно могут быть выполнены со знанием правил геометрического черчения. К ним относятся изделия из фасонного проката, хвостовики инструментов, управляющие кулачки различных механизмов. Некоторые вопросы геометрических построений могут иметь практическое применение, например, в слесарном деле.

## 1 Уклон: область применения, характеристика, построение

В технике широко распространены детали, у которых имеются элементы в виде наклоненных друг к другу плоскостей.

Их наличие обусловлено технологией изготовления (на прокатных станках металлургических предприятий) и конструктивными решениями по повышению прочности. Наклонные плоскости, примыкающие к горизонтальным полкам швеллера, рельса и двутавра, образуют уклон (рисунок 1). Его величина стандартная и имеет определенные размеры. Поэтому есть специальные правила построения этого элемента на чертежах деталей.

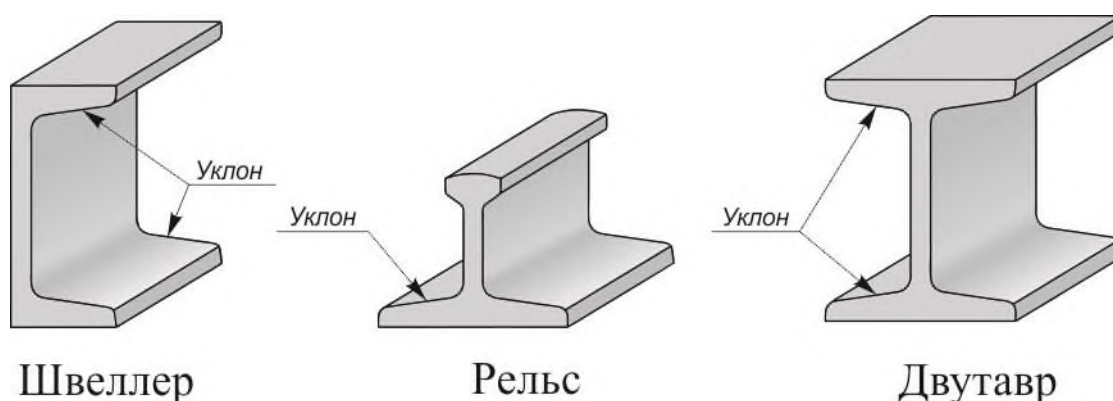


Рисунок 1 – Стальной фасонный прокат для металлоконструкций

*Уклон* – это величина, характеризующая наклон одной линии по отношению к другой. Она равна тангенсу угла между линиями и может быть выражена либо простой дробью, либо в процентах (рисунок 2).

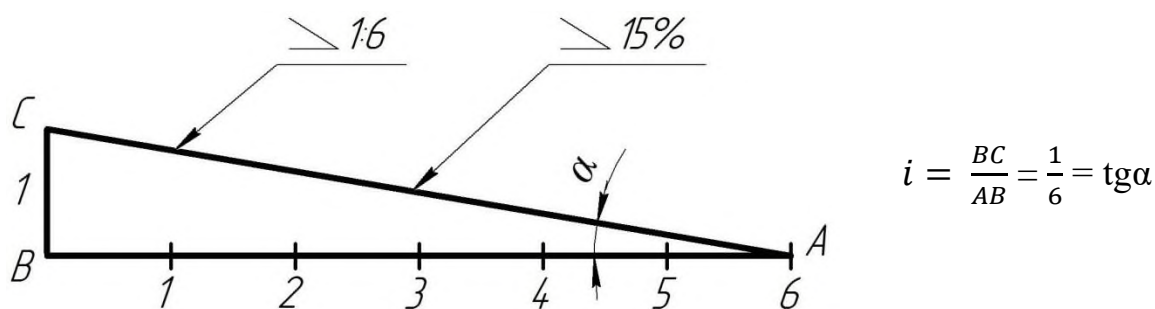


Рисунок 2 – Образование уклона двух прямых

Для обозначения величины уклона на чертежах от наклонного участка проводят линию-выноску со стрелкой, а на ее горизонтальной полке помещают знак « $\sphericalangle$ » или знак « $\sphericalangle$ », рядом с которым записывают величину уклона. Острый угол знака уклона должен быть направлен в сторону занижения.

В индивидуальных графических работах студентов требуется построить профиль фасонного проката с заданным уклоном  $i$  (рисунок 3).

Для этого вначале строят внешние контуры прокатного профиля по размерам  $b$  и  $h$ . Затем находят точки  $C$  и  $B$ . Далее, продлив линию полки

профиля за точку  $B$ , откладывают на этой прямой требуемое по значению уклона  $i$  количество отрезков  $BC$  и находят точку  $A$ . Отрезок  $AB$  имеет заданный уклон  $i$ . Переходы этой наклонной линии в вертикальные линии полки контура скругляют дугами радиусов  $R$  и  $r$ .

Уклон для верхней полки профиля строят аналогичным образом. В конце на чертеже приводят обозначение уклона. Допускается это делать один раз, если обе полки имеют одинаковый уклон.

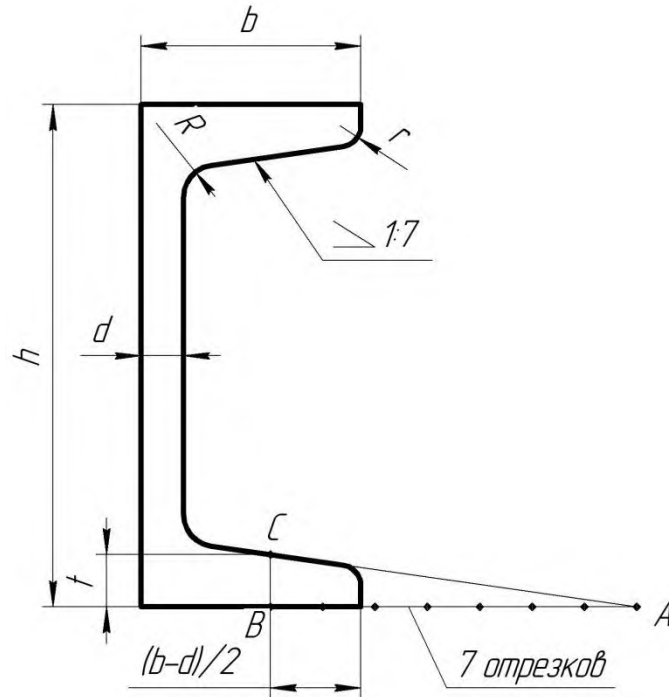


Рисунок 3 – Построение уклона полок швеллера

## 2 Конусность: область применения, характеристика, построение

Контуры некоторых деталей машиностроительного производства формируются комбинацией поверхностей вращения, в том числе и конических. Часто к коническим участкам не предъявляется особых требований, например, фаскам на валах и осях. В некоторых случаях, а именно к посадочным поверхностям, требования по изготовлению довольно жесткие (рисунок 4).

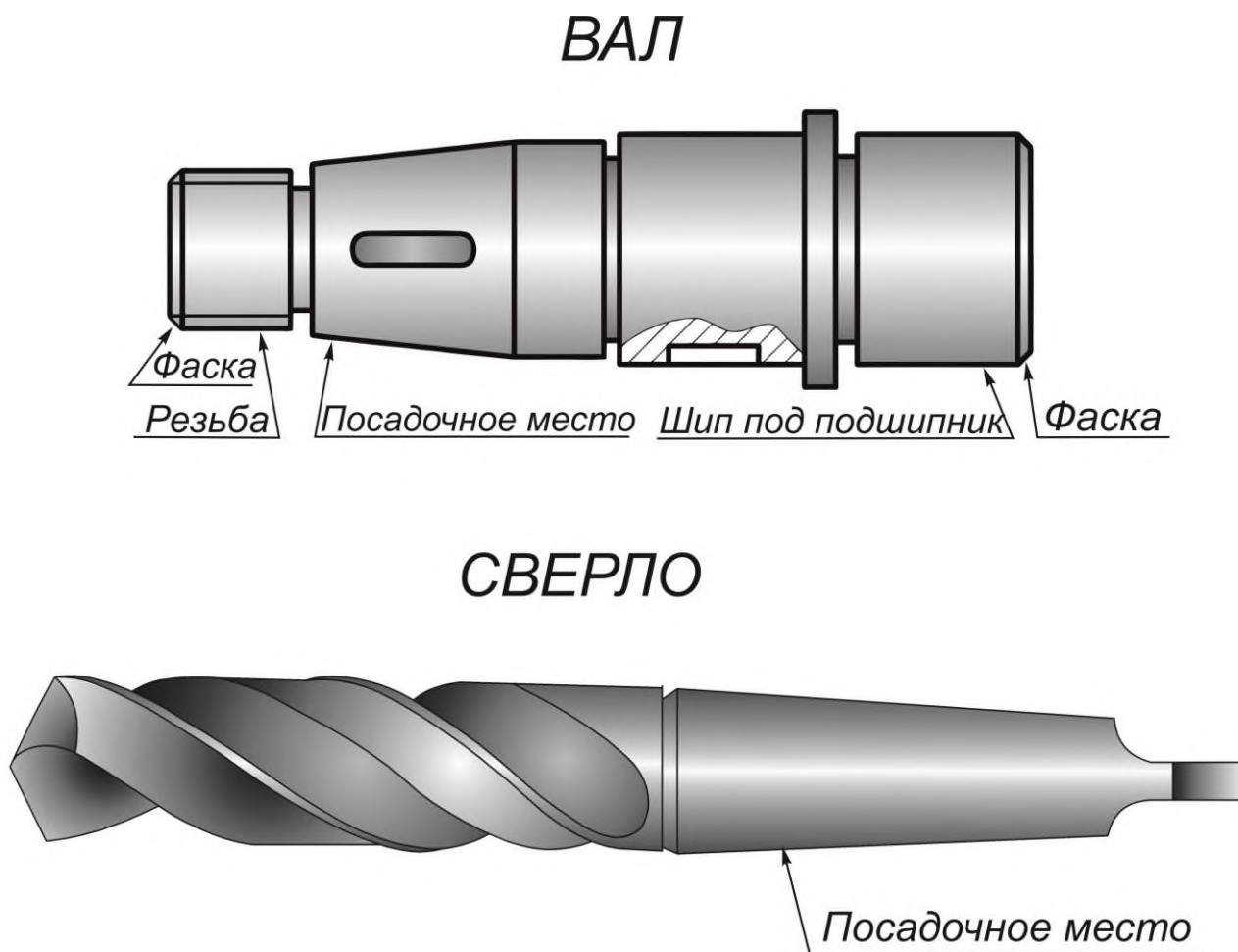


Рисунок 4 – Примеры деталей с коническими поверхностями

Поэтому необходимо уметь строить и читать чертежи конических участков.

*Конусность* называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними. Как видно из рисунка 5, конусность равна удвоенному уклону образующей конуса к его оси,  $k = 2i$ . Например, при  $i = 1:6$  конусность  $k = 2(1/6) = 1/3$ .

Для усеченного конуса  $k = 2\text{tg}\alpha = (D - d)/l$ .

При построении деталей с заданной конусностью значения геометрических размеров  $d$ ,  $D$  и  $l$  можно определять вычислением или пользоваться графическими приемами.

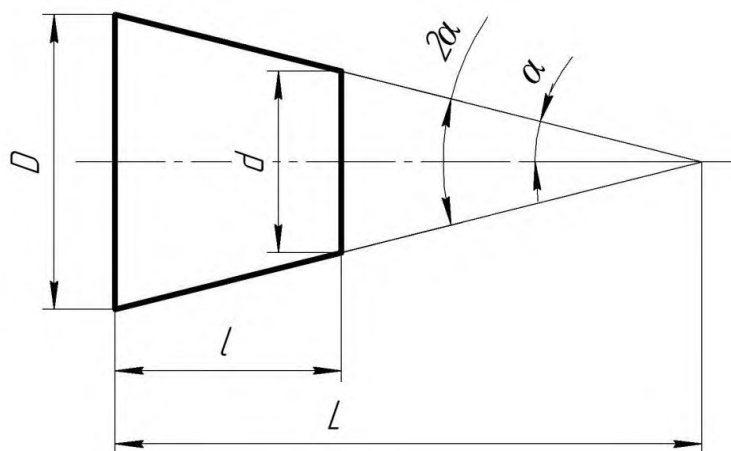


Рисунок 5 – Характеристика конусности

Пусть требуется построить конический хвостовик детали по заданным известным значениям большего диаметра  $D$ , его длины  $l$  и величины конусности  $k = 1:5$  (рисунок 6).

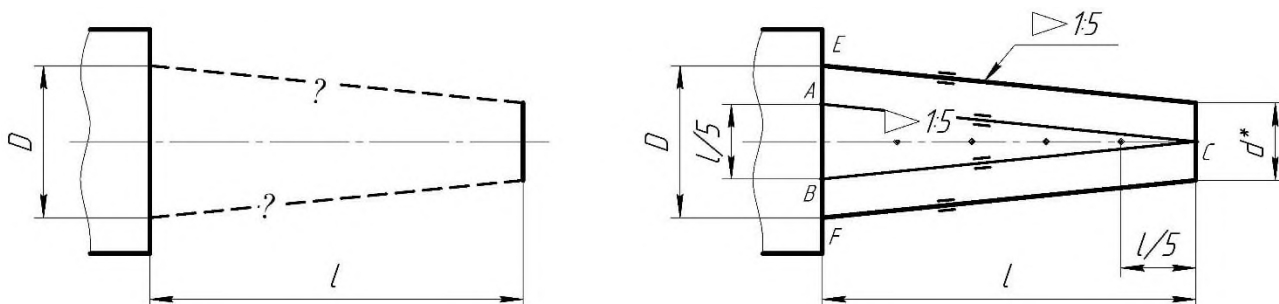


Рисунок 6 – Построение конусности на чертеже

Для этого величину  $l$  делят на пять равных частей. Полученные значения в миллиметрах откладывают симметрично по обе стороны оси от осевой линии конуса на уровне сечения диаметра  $D$  (точки  $A$  и  $B$ ). Затем эти точки соединяют с точкой  $C$  на уровне искомого сечения диаметром  $d^*$ . Получился конус заданного угла с острой вершиной. Для построения требуемого изображения усеченного конуса следует от точек  $E$  и  $F$  провести параллельно  $AC$  и  $BC$  прямые до пересечения с границей конического участка длиной  $l$ .

Полученный чертеж следует дополнить обозначением конусности. Для этого используется знак равнобедренного треугольника « $\triangleleft$ », вершина которого направляется в сторону вершины конуса. Рядом с ней указывается величина конусности в виде дроби  $\triangleleft 1:5$ . Знак с величиной конусности можно помещать над осевой линией конуса или на полке выносной линии со стрелкой. Тогда искомое значение размера (в данном случае  $d$ ) можно не приводить или приводить со звездочкой «\*», что воспринимается как справочный размер.



### 3 Нахождение центра окружности и деление ее на равные части

В слесарном деле часто на деталях типа фланцев, крышек приходится выполнять крепежные отверстия. Но на заготовках этих деталей не известны ни центр окружности крышки, ни окружность расположения центров требуемых отверстий, ни положения центров крепежных отверстий (рисунок 7).

Необходимо знать правила их нахождения.

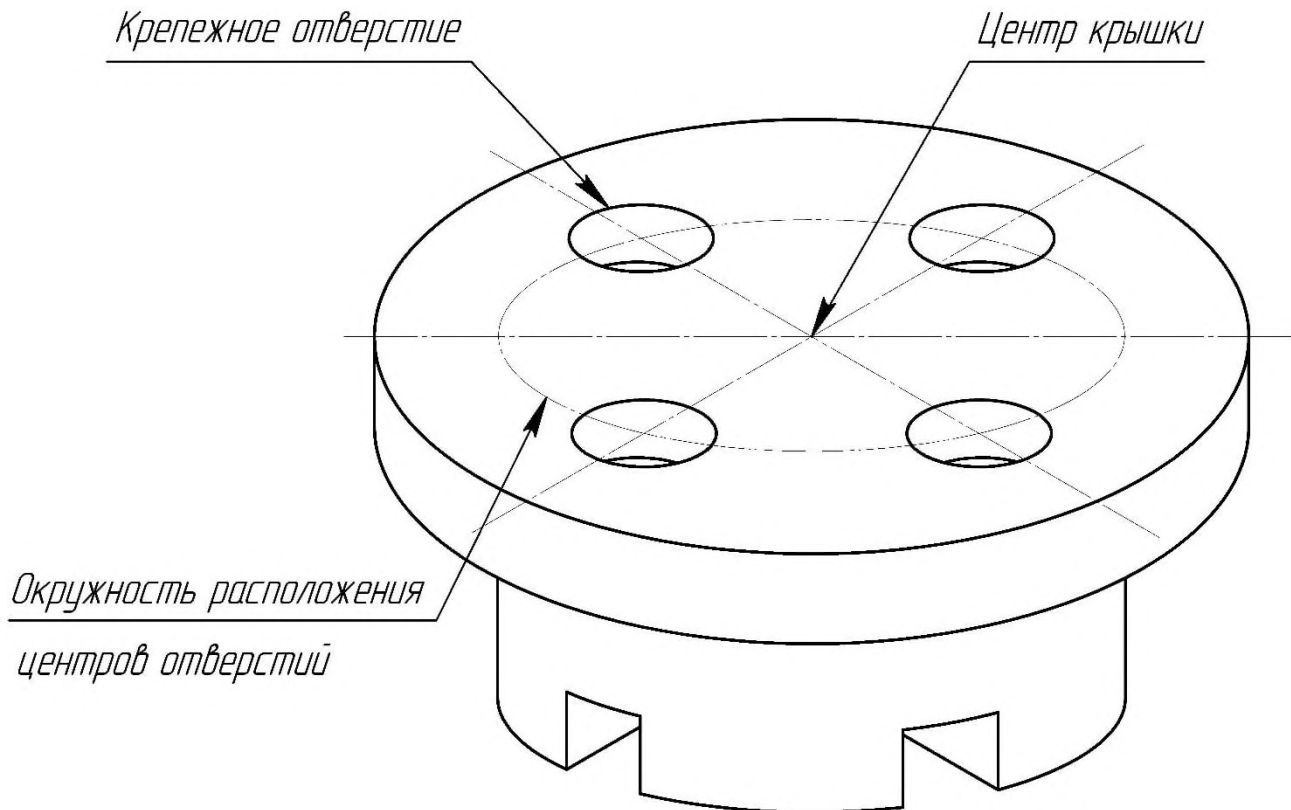


Рисунок 7 – Типовая деталь «Крышка»

Для нахождения центра дуги или окружности (рисунок 8) выбирают на ней две произвольные, желательно смежные, хорды  $AB$  и  $CD$ . Затем находят их середины и через них проводят перпендикулярные хордам прямые линии. Точка их пересечения  $O$  является центром окружности, а расстояние от  $O$  до точек  $A, B, C, D$  – радиусом.

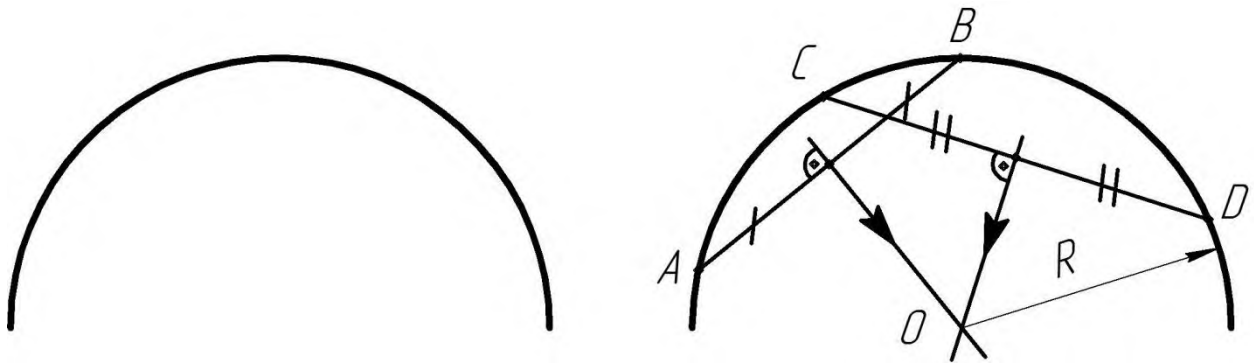


Рисунок 8 – Нахождение центра окружности

Порядок деления на равные части зависит от количества частей. Принципиально отличаются деления на 2, 4, 8; на 3, 6, 12 и на 5 частей.

Для деления окружности на 2 части достаточно найти ее центр  $O$ , а затем через него провести диаметр.

Чтобы разделить окружность на 4 части, требуется через центр  $O$  провести второй, перпендикулярный первому диаметр.

Для деления окружности на 8 равных частей соседние точки двух взаимно перпендикулярных диаметров соединяют отрезком прямой. Затем через его середину проводят перпендикуляр и получают длину дуги, равную восьмой части окружности (рисунок 9).

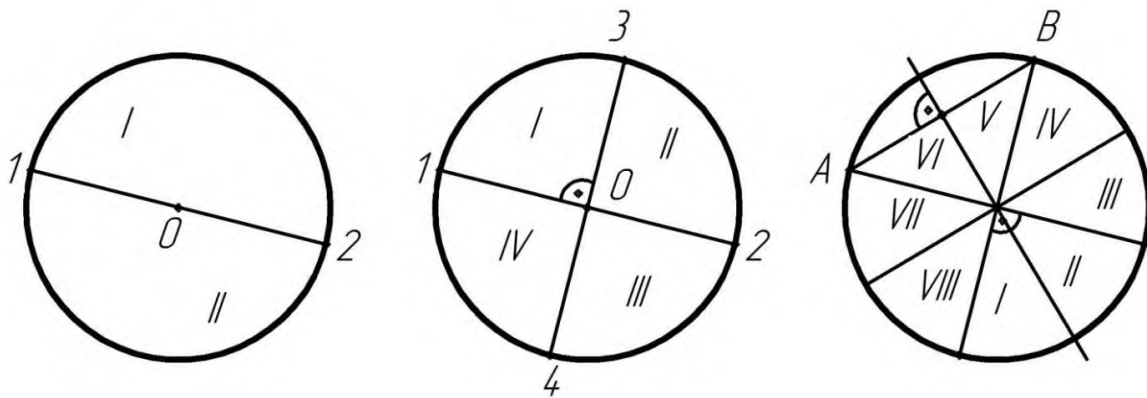


Рисунок 9 – Деление окружности на 2, 4, 8 равных частей

Для деления окружности на 3 одинаковые части из произвольной ее точки  $A$  делают циркулем засечки, расстояние до которых от выбранной точки равно радиусу окружности  $R$ . Полученные таким образом точки 1 и 2 ограничивают дугу, равную  $1/3$  длины окружности.

Для деления окружности на 6 равных частей используют уже две противоположные точки одного диаметра  $A$  и  $B$ . Из них проводят построения, аналогичные как и при делении на 3 равных части.

Чтобы разделить окружность на 12 равных частей, используют противоположные точки  $A, B, C, D$  двух взаимно перпендикулярных диаметров (рисунок 10).

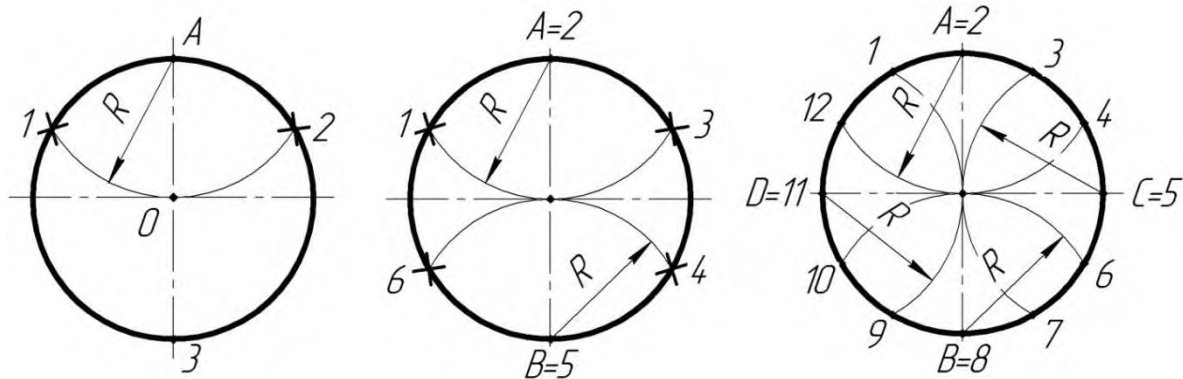


Рисунок 10 – Деление окружности на 3, 6, 12 равных частей

Чтобы разделить окружность на 5 равных частей, проводят два взаимно перпендикулярных диаметра (рисунок 11). Затем используют точку  $B$ , находящуюся на середине одного полу диаметра. Из нее, как из центра, проводят дугу, радиус которой равен расстоянию до конечной точки другого диаметра  $r = AB$ . Эта дуга пересекает первый диаметр в точке  $C$ . Теперь из конечной точки  $A$  первого диаметра проводят дугу радиусом  $R = AC$  и делают ею засечку  $D$  на окружности. Дуга  $AD$  окружности равна пятой ее части.

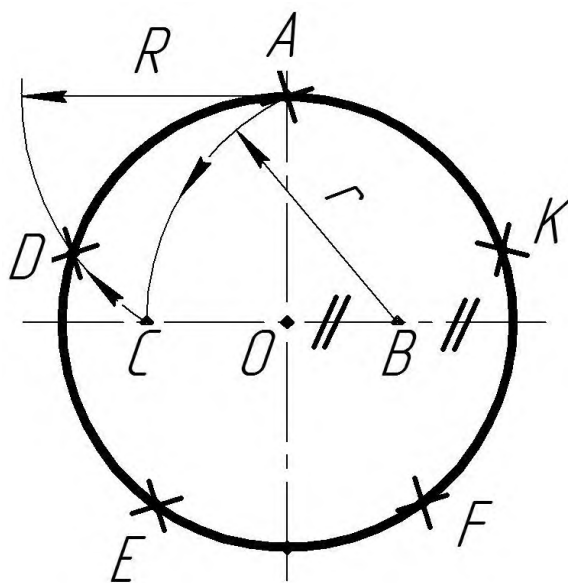


Рисунок 11 – Деление окружности на 5 равных частей

## 4 Сопряжения: область применения, характеристика, построение

При выполнении чертежей различного назначения часто приходится строить плавные переходы прямых линий и окружностей друг в друга, что называется сопряжением. Широко такие работы выполняются в швейной промышленности, когда разрабатываются новые модели одежды и обуви. Выкройки этих моделей строят с помощью различных лекал (рисунок 12).



Рисунок 12 – Лекала

Конструирование лекал выполняется на основе сопряжений. Их существует довольно много типов, но наибольший интерес представляют сопряжения двух прямых, прямой и окружности, двух окружностей.

Построение сопряжения двух прямых дугой заданного радиуса сводится к нахождению центра дуги (рисунок 13). Для этого необходимо на расстоянии  $R$  возле каждой прямой провести параллельные прямые. Они пересекутся в точке  $O$ , которая и будет искомым центром. Далее из точки  $O$  опускают перпендикуляры на исходные прямые для нахождения начала  $A$  и конца  $B$  сопряжения. В завершение между ними проводят дугу заданного радиуса. Описанным образом можно получить сопряжения для прямых, находящихся под острым, прямым и тупым друг к другу углом.

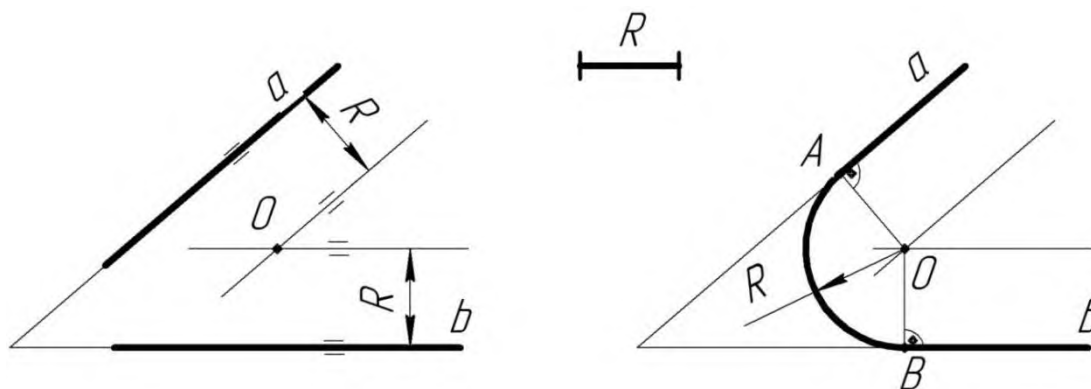


Рисунок 13 – Построение сопряжений двух прямых

Сопряжение прямой линии и окружности может быть внешним и внутренним. Основной задачей его построения также является определение центра дуги. Для внешнего сопряжения (рисунок 14) он находится на равном расстоянии от окружности и прямой, а именно в точке пересечения вспомогательной параллельной прямой, которая расположена от заданной на расстоянии  $R$ , и от дуги окружности радиусом  $R_1 + R$ , центр которой совпадает с центром заданной окружности. После нахождения центра сопряжения следует определить его начало и конец, для чего из центра  $O$  опускают на исходную прямую перпендикуляр и находят точку  $B$ . Затем, соединив центр окружности  $O_1$  с центром  $O$  прямой, устанавливают точку  $A$ . Завершают построение проведением между  $A$  и  $B$  дуги радиусом  $R$ .

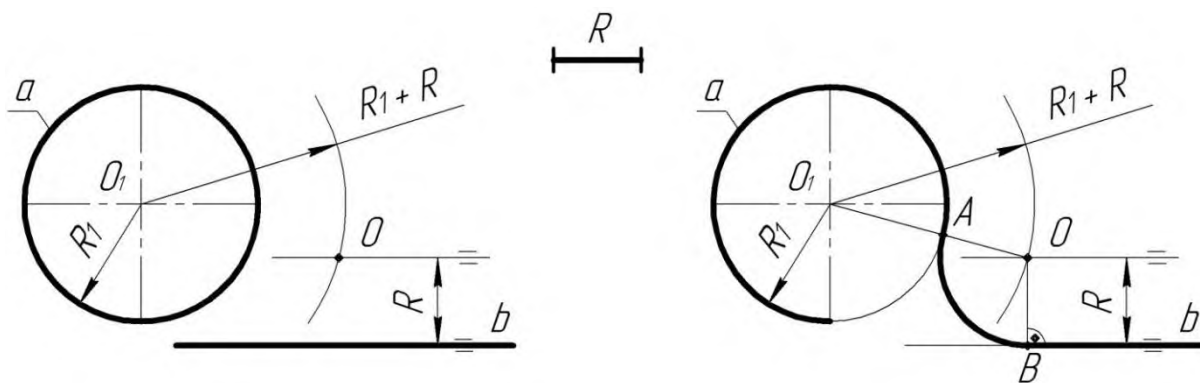


Рисунок 14 – Построение внешнего сопряжения прямой и окружности

Для внутреннего сопряжения (рисунок 15) радиус вспомогательной окружности равен либо радиусу  $R - R_1$ , либо разнице  $R_1 - R$ . Точка сопряжения  $A_1$  будет лежать на линии центров  $O_1O$  или на ее продолжении.

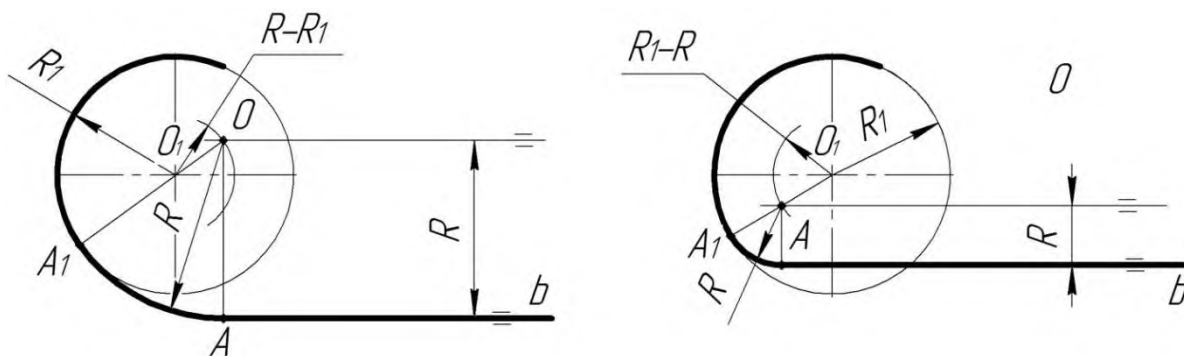


Рисунок 15 – Построение внутреннего сопряжения прямой и окружности

Сопряжение двух окружностей также бывает внешним и внутренним (рисунки 16 и 17). Построение их сводится, как и в предыдущих случаях, к определению местоположения центра сопрягающей дуги. У внешнего сопряжения он находится в точке пересечения вспомогательных окружностей радиусами  $R+R_1$  и  $R+R_2$ , у внутреннего радиусы вспомогательных дуг имеют

значения  $R - R_1$  и  $R - R_2$ . Нахождение точек  $A$  и  $B$  начала и конца сопряжения аналогично описанному выше.

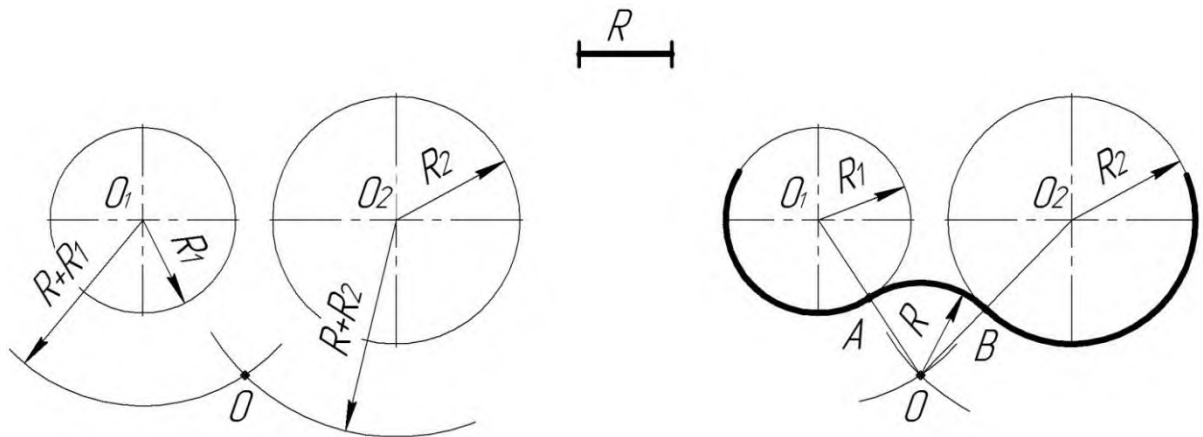


Рисунок 16 – Построение внешнего сопряжения двух окружностей

В случае внутреннего сопряжения радиус сопрягаемой дуги имеет значительно большую величину, чем радиусы исходных окружностей.

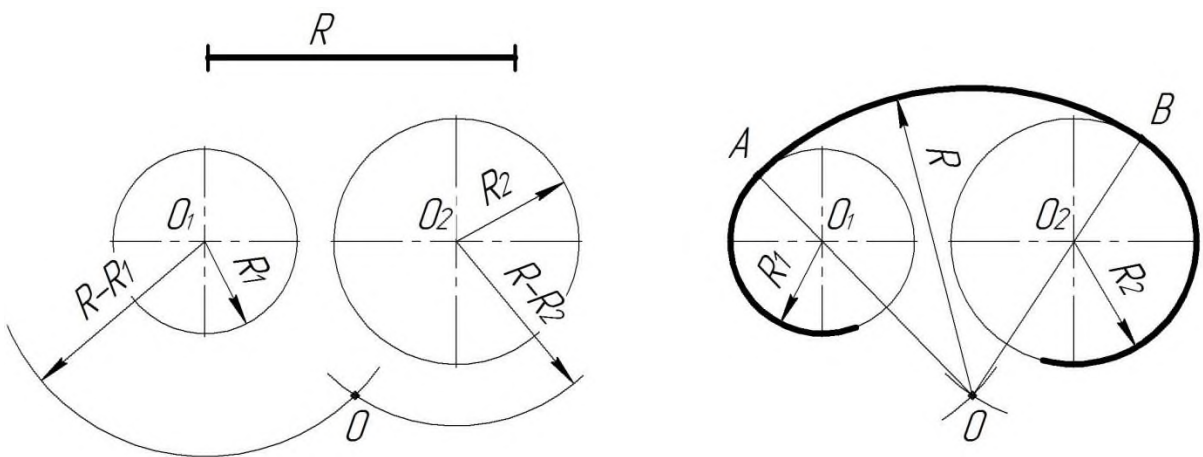


Рисунок 17 – Построение внутреннего сопряжения двух окружностей

## 5 Лекальные кривые: область применения, характеристика, построение

Некоторые детали машиностроения предназначены для управления перемещением рабочего органа по определенным законам. К ним относятся кулачки газораспределительных механизмов, зубья шестерен, тарелки синусных передач и др. Профили этих деталей содержат участки, очерченные лекальными кривыми (рисунок 18).

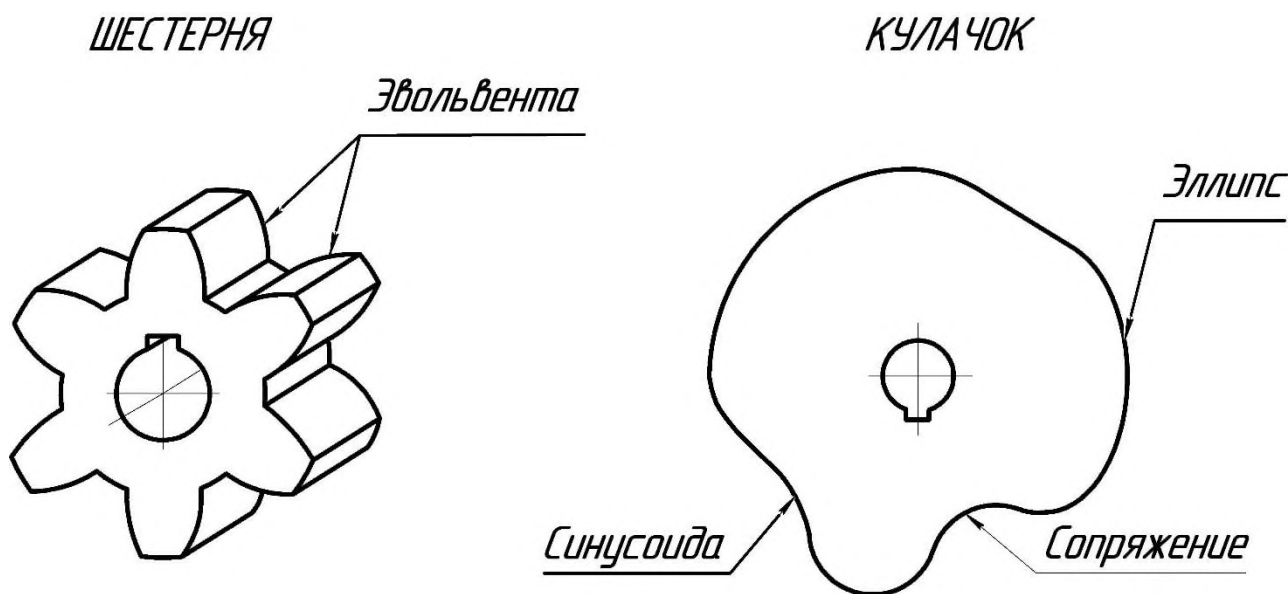


Рисунок 18 – Примеры деталей, профили которых содержат лекальные кривые

От того, насколько точно будут выполнены чертежи этих участков, зависит в конечном итоге работа всего механизма.

*Эвольвентой окружности* называют плоскую кривую, которую описывает любая точка прямой, катящейся по окружности без скольжения.

Для построения эвольвенты окружность делят на определенное количество равных частей, например 8. Затем из полученных точек проводят касательные к окружности, на которых откладывают соответствующее количество отрезков, равных дуге окружности (т. е.  $1/8$  ее части). Полученные точки 1'...8' соединяют плавной огибающей линией.

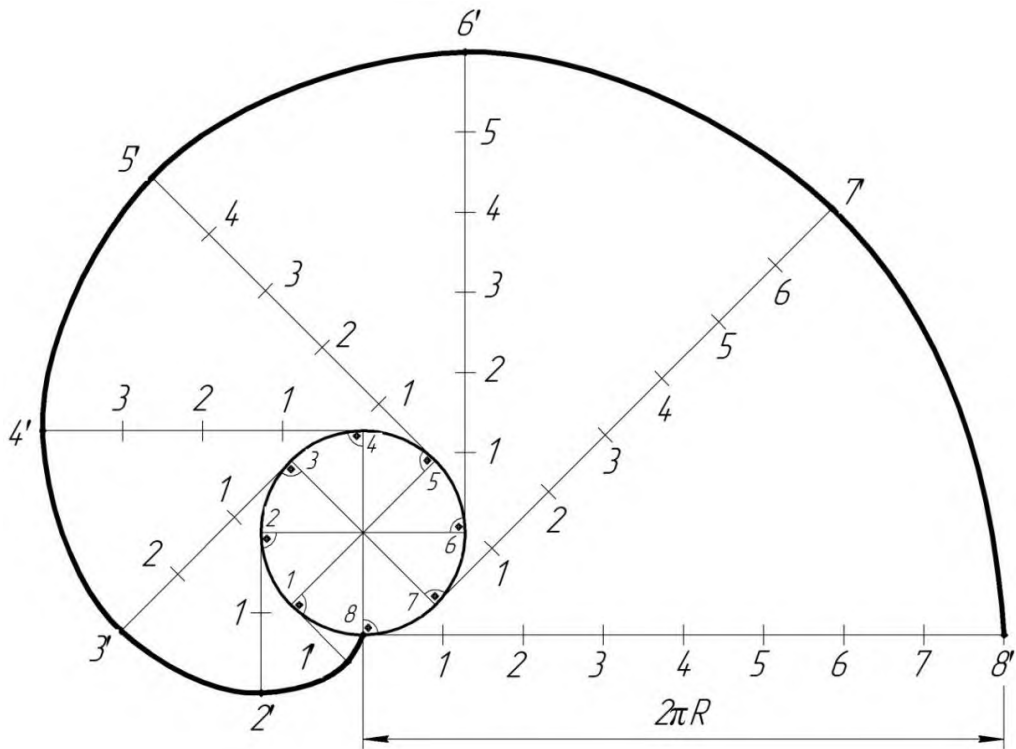


Рисунок 19 – Построение эвольвенты окружности

*Эллипсом* называют кривую, которая получается при пересечении прямого кругового цилиндра или конуса наклонной плоскостью.

Существует несколько способов его построения. Наиболее распространенный – по двум заданным осям  $AB$  и  $CD$  (рисунок 20). На осях эллипса, как на диаметрах, строят две концентрические окружности. Затем их делят на равные части, например 12, с получением точек  $1...12$  и  $1'...12'$ . Из полученных на большой окружности точек проводят отрезки прямых, параллельные малой оси  $CD$ , а из точек малой окружности – прямые, параллельные большой оси  $AB$ . Эти отрезки, пересекаясь, дают точки эллипса, которые в итоге обводят плавной огибающей линией.

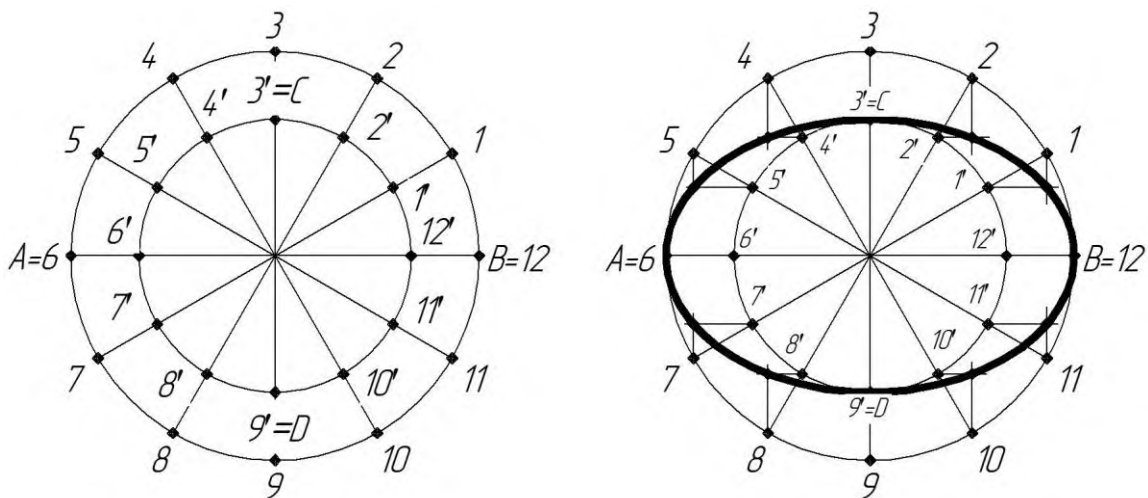


Рисунок 20 – Построение эллипса по заданным осям



*Параболой* называют кривую, получаемую от сечения прямого кругового конуса плоскостью, параллельной одной его образующей.

Легко строить параболу по заданной вершине  $A$ , одной из точек параболы  $B$  и направлению оси симметрии  $AD$  (рисунок 21). На отрезках  $AD$  и  $BD$  строят прямоугольник. Стороны его делят на одинаковое число равных частей. Точки деления нумеруют. Вершину  $A$  соединяют с точками деления на стороне  $BC$ , а из точек деления отрезка  $AC$  проводят прямые, параллельные оси  $AD$ . Пересечение прямых, проходящих через точки с одинаковыми номерами, определяет ряд точек параболы.

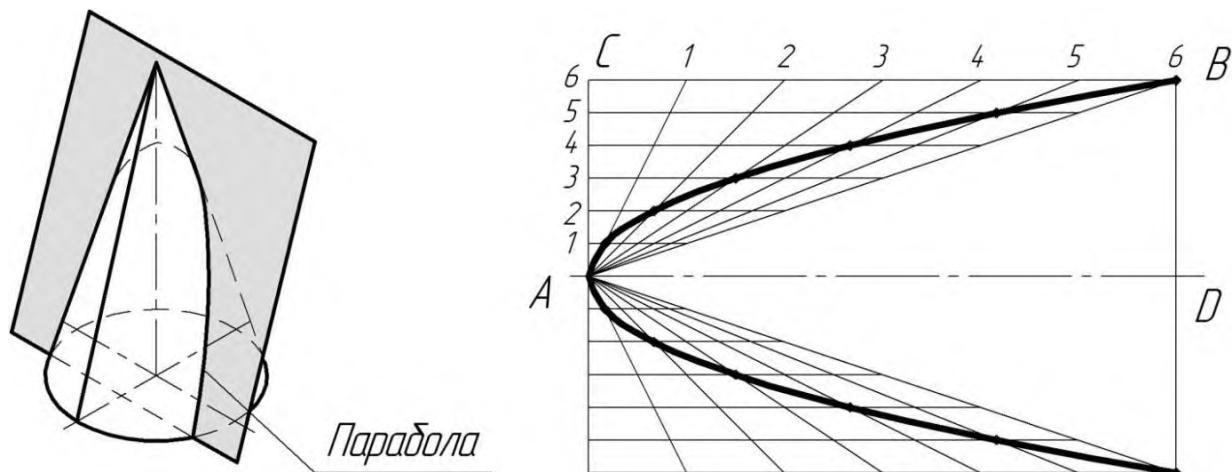


Рисунок 21 – Построение параболы

Синусоида представляет собой проекцию движения точки по цилиндрической винтовой линии на плоскость, параллельную оси цилиндра. При построении синусоиды отталкиваются от длины окружности основания цилиндра (рисунок 22), для чего окружность с центром в точке  $O$  разбивают на произвольное число равных частей, пусть будет 12. Через центр окружности  $O$  проводят ось  $OX$ , на которой откладывают отрезок  $O_1A$ , равный длине окружности. Этот отрезок также делят на то же число равных частей. Затем из точек-делений на окружности и отрезке  $O_1A$  проводят горизонтальные и вертикальные прямые, которые в пересечении дают точки синусоиды.

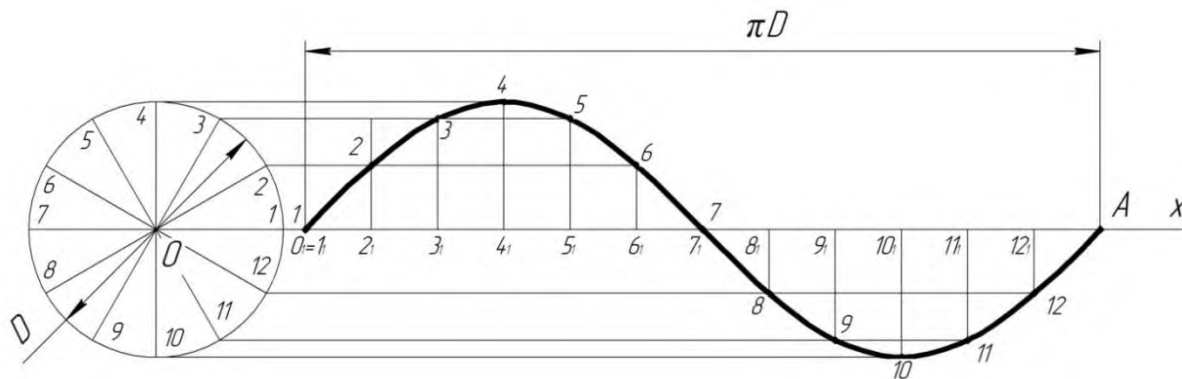


Рисунок 22 – Построение синусоиды

## Список литературы

- 1 Инженерная графика : учебник / Н. П. Сорокин [и др.]; под ред. Н. П. Сорокина. – Санкт-Петербург : Изд-во «Лань», 2005. – 392 с. : ил.
- 2 **Новичихина, Л. И.** Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина. – Минск : Книжный дом, 2004. – 320 с. : ил.
- 3 **Потешко, А. В.** Справочник по инженерной графике / А. В. Потешко, Д. П. Крушевская. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Будівельник, 1983. – 264 с.