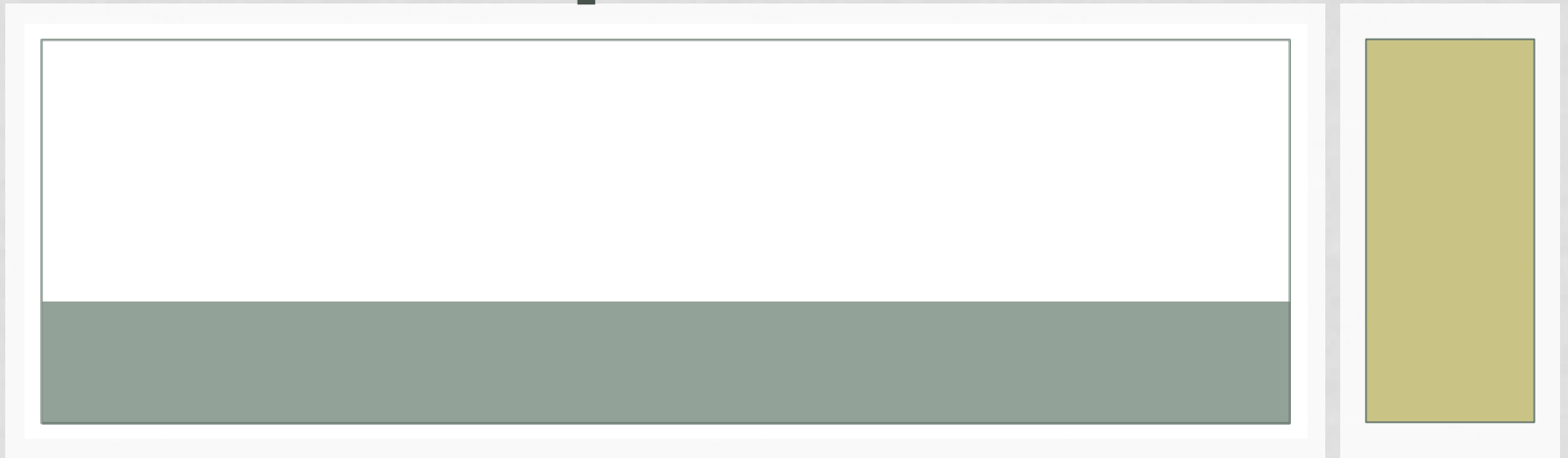
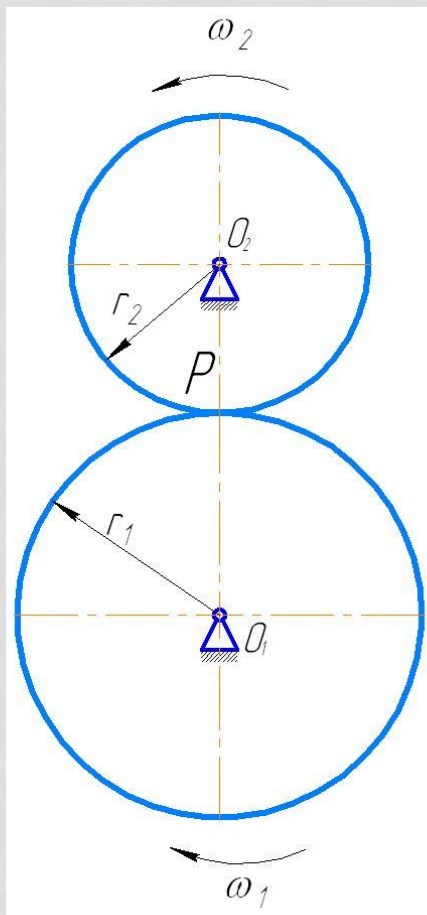


ТЕОРИЯ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ



**Основные понятия и элементы эвольвентного
зацепления**

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ



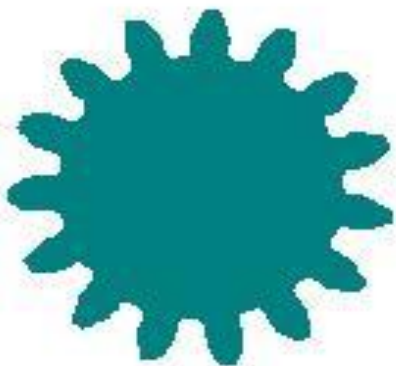
Рассматривая элементы теории зубчатых зацеплений, обратимся к простой зубчатой передаче, состоящей из двух звеньев 1 и 2 в виде цилиндрических зубчатых колес, с вращательными кинематическими парами O_1 и O_2 , которыми они связаны со стойкой, а также высшей парой P , в которой и происходит соприкосновение звеньев.

Неподвижная точка P лежащая на линии центров называется **полюсом зацепления**.

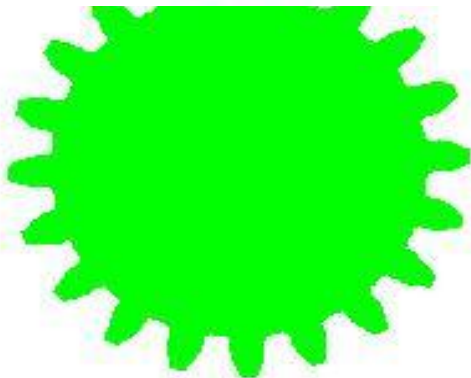
Согласно основному закону зацепления зубчатых профилей передаточное отношение такой передачи равно:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}.$$

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

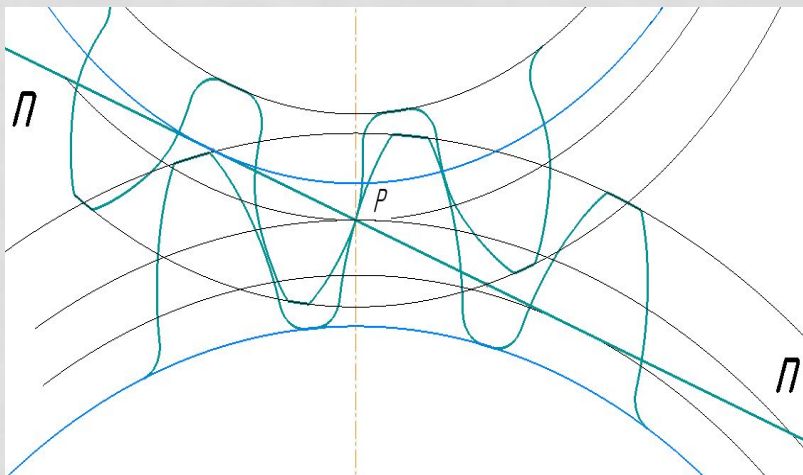


Окружности, проведенные радиусами $r_1 = O_1P$ и $r_2 = O_2P$ называются *начальными*. В относительном движении одна начальная окружность катиться по другой без скольжения.



В этом движении профили зубчатых колес должны быть *взаимоогibaющими* и называются они *сопряженными*.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)



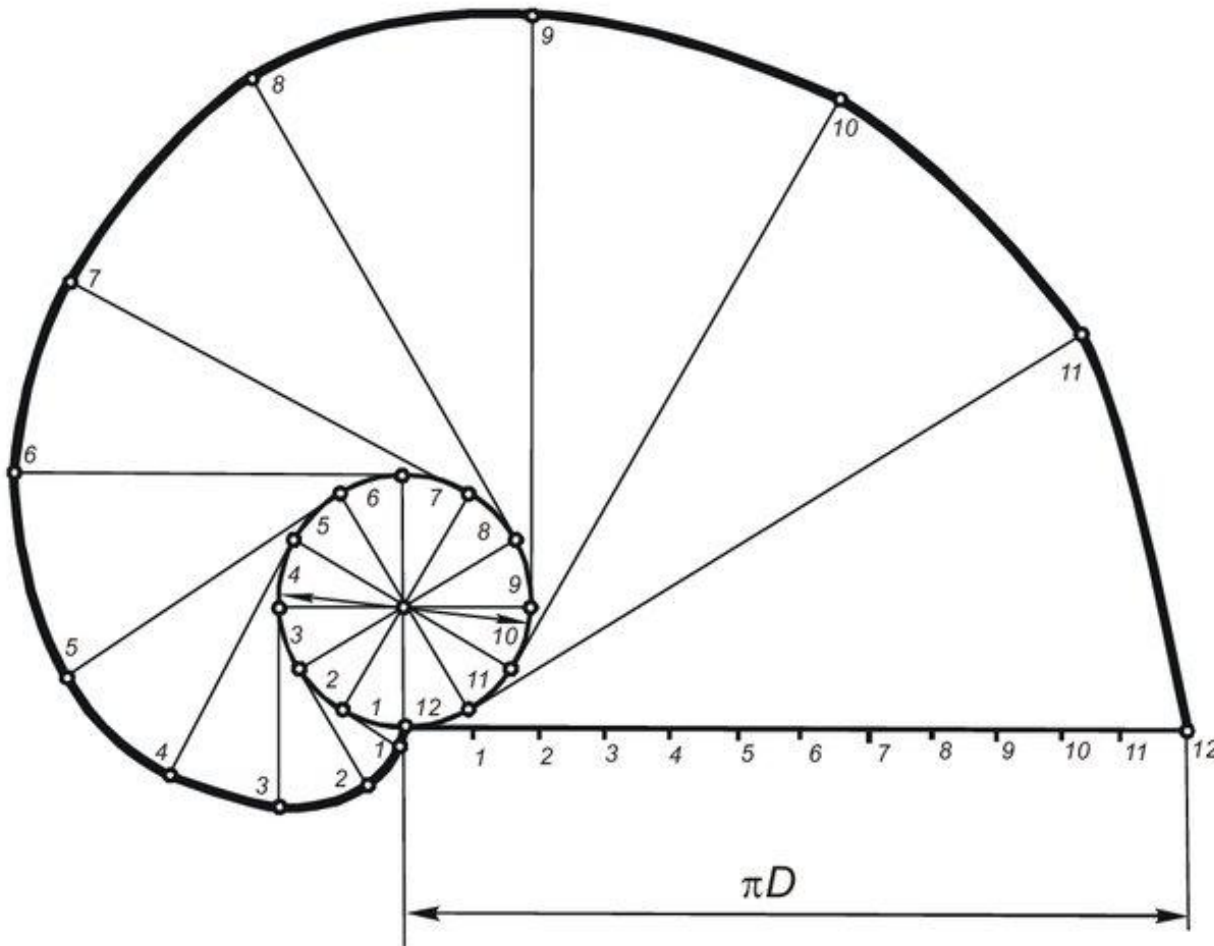
Нормаль $n-n$, проведенная через полюс зацепления P , образует **линию зацепления** – геометрическое место точек последовательного соприкосновения пары зубчатых профилей, принадлежащее неподвижной плоскости.

Выбираемый характер линии зацепления определяет собой геометрические формы сопряженных зубчатых профилей. В случае, если линия зацепления прямая, проходящая через полюс P , то профили зубчатых колес получаются эвольвентными.

Такие зубчатые колеса являются наиболее распространенными.

Чем проще геометрическое очертание линии зацепления, тем проще вид или форма профиля зуба и технологический процесс его изготовления.

ЭВОЛЬВЕНТА, ЕЕ УРАВНЕНИЯ И СВОЙСТВА



Образование эвольвенты

окружности можно представить как траекторию, описываемую остриём карандаша, привязанного к концу нити, сматываемой с катушки, установленной своей осью перпендикулярно плоскости листа бумаги.

ЭВОЛЬВЕНТА, ЕЕ УРАВНЕНИЯ И СВОЙСТВА

Тогда *эвольвента окружности* представляет собой траекторию любой точки прямой, перекатываемой без скольжения по окружности, которую называют *основной*, при этом ее радиус обозначается r_{bi} .

Прямую, которую перекатывают по окружности, называют *производящей*.

Эвольвенту называют *правой*, если она получена перекатыванием прямой по окружности по ходу часовой стрелки. В противном случае ее называют *левой*.

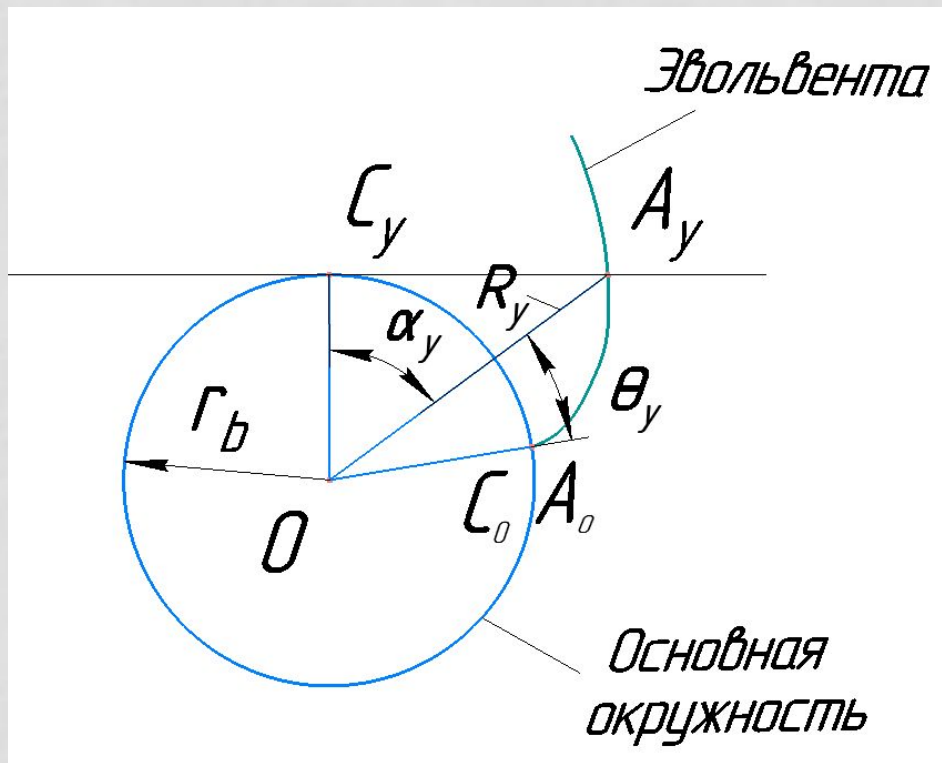
ЭВОЛЬВЕНТА, ЕЕ УРАВНЕНИЯ И СВОЙСТВА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Свойства эвольвенты:

1. Нормаль к эвольвенте касается основной окружности; точка касания является центром кривизны эвольвенты в заданной ее точке. Основная окружность (в математике ее называют эволюта) представляет собой геометрическое место центров кривизны эвольвенты.
2. Эвольвента начинается на основной окружности и всегда находится вне ее.
3. Форма эвольвенты зависит только от диаметра основной окружности.
4. Правая и левая ветви эвольвенты симметричны.

ЭВОЛЬВЕНТА, ЕЕ УРАВНЕНИЯ И СВОЙСТВА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Уравнения эвольвенты:

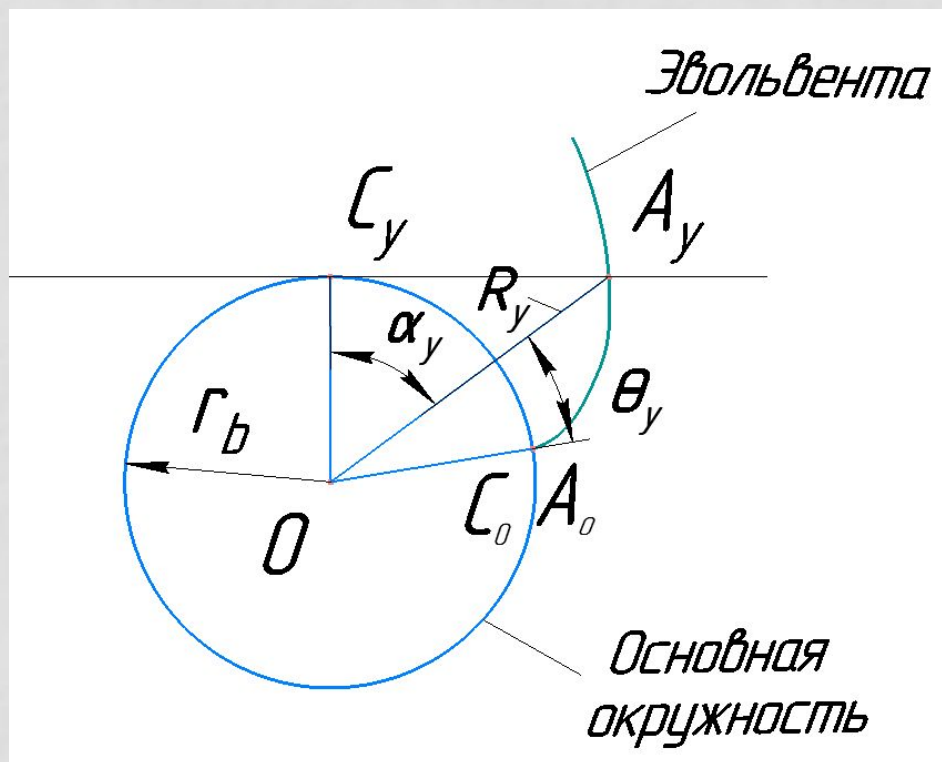


Положение произвольной точки A_y эвольвенты в полярной системе координат определяется двумя координатами относительно её начального радиуса-вектора OA_0 (или OC_0): длиной радиуса-вектора R_y и углом θ_y . Радиус-вектор R_y определим из прямоугольного треугольника OA_yC_y :

$$R_y = \frac{r_b}{\cos \alpha_y}.$$

ЭВОЛЬВЕНТА, ЕЕ УРАВНЕНИЯ И СВОЙСТВА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Уравнения эвольвенты:



Для определения полярного угла θ_y сначала выразим длину дуги основной окружности через её радиус и центральный угол:

$$\cup C_0 C_y = r_b (\alpha_y + \theta_y).$$

Выразим теперь противолежащий углу α_y катет $A_y C_y$ в $\Delta O A_y C_y$:

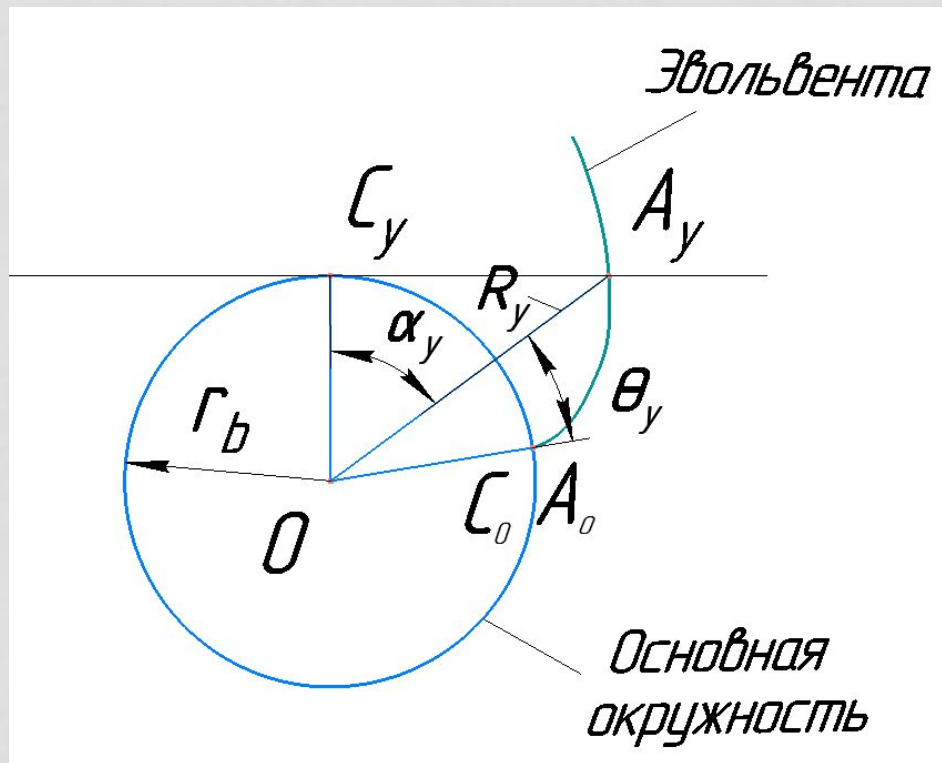
$$A_y C_y = r_b \cdot \operatorname{tg} \alpha_y.$$

При этом :

$$A_y C_y = \cup C_0 C_y.$$

ЭВОЛЬВЕНТА, ЕЕ УРАВНЕНИЯ И СВОЙСТВА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Уравнения эвольвенты:



Подставляя в это равенство соответствующие выражения и решая его относительно θ_y , получаем

$$\theta_y = \operatorname{tg} \alpha_y - \alpha_y$$

Угол θ_y называется **профильным углом эвольвенты**. Разность между тангенсом какого-либо угла и самим углом называется **эвольвентной функцией** и обозначается тремя первыми буквами латинского названия эвольвенты *involute*, то есть *inv*, так что окончательно уравнение имеет вид:

$$\theta_y = \operatorname{inv} \alpha_y.$$

КАРТИНА ЗАЦЕПЛЕНИЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ КОЛЕС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

К ним относятся:

1. *Межосевое расстояние* a_w - это кратчайшее расстояние между центрами колес O_1 и O_2 ;
2. *Полюс зацепления* - P ;
3. *Начальные окружности* r_{wi} - такие окружности являются условными. Они существуют только в зацеплении колес.
4. *Теоретическая линия зацепления*. На рисунке - это линия H_1H_2 .
5. Часть ab линии зацепления, заключенная между точками пересечения окружностей вершин колес с линией зацепления, называется *активной*. Вне этого участка зубья в контакт не вступают. Длина активной линии зацепления обозначается g_α .

КАРТИНА ЗАЦЕПЛЕНИЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ КОЛЕС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

6. Угол α_w между нормалью к контактирующим поверхностям зубьев и общей касательной к начальным поверхностям (окружностям) называют *углом зацепления*.

7. *Радиальный зазор* C – расстояние между окружностью вершин одного зубчатого колеса и окружностью впадины другого зубчатого колеса.

$$C = c^* \cdot m$$

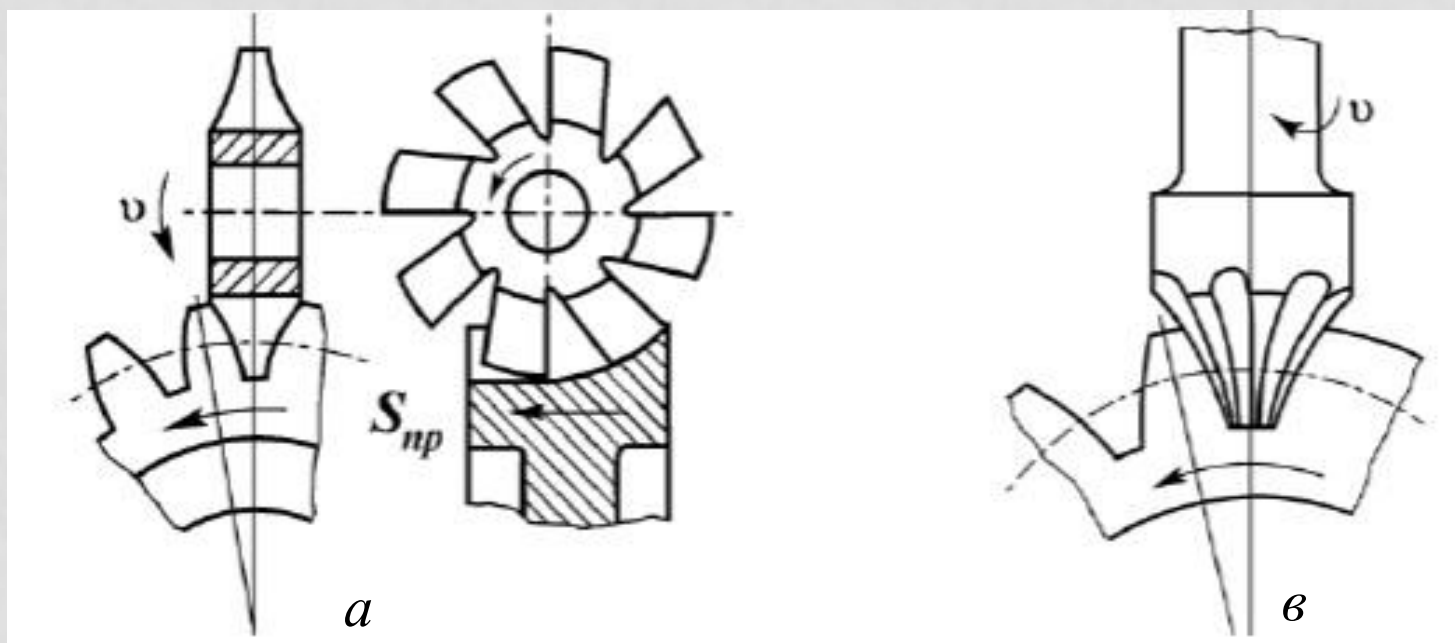
При этом c^* – *коэффициент радиального зазора*, в соответствии со стандартом $c^*=0,25$.

МЕТОДЫ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

В зависимости от способа формообразования различают *два метода нарезания зубчатых колес: метод копирования и метод обката.*

При нарезании колеса *по методу копирования* геометрия инструмента переносится (копируется) на заготовку. Инструмент – модульные дисковые или пальцевые фрезы. Для нарезания конкретного колеса, имеющего определенные модуль и число зубьев, требуется свой собственный инструмент. Однако на практике с целью сокращения номенклатуры инструмента применяют наборы фрез, что приводит к появлению погрешности формы зуба нарезаемого колеса и, как следствие, снижению качества передачи. Метод отличается высокой производительностью, *НО* низкой точностью изготавливаемых колес.

МЕТОДЫ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)



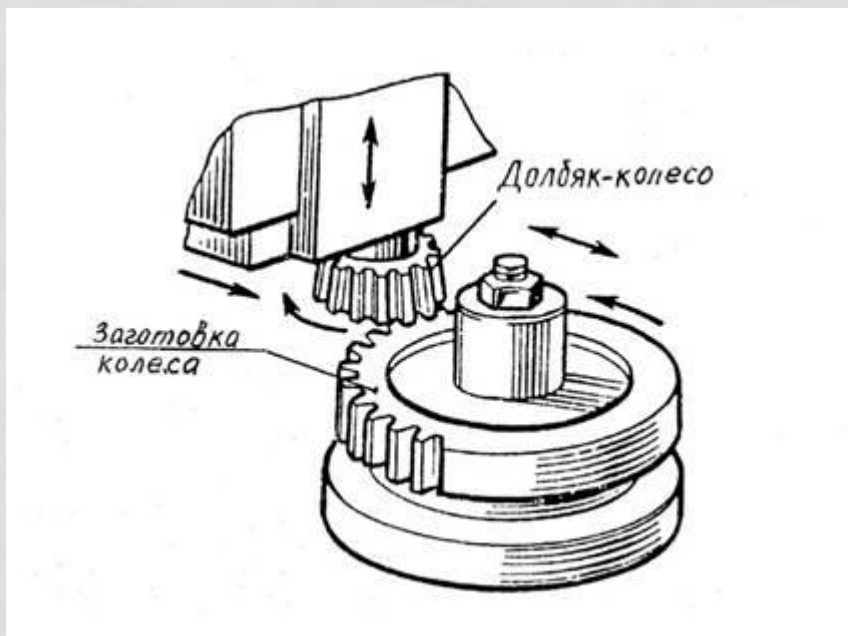
Схемы нарезания зубчатых колес модульными фрезами:

a – дисковая; *b* – пальцевая.

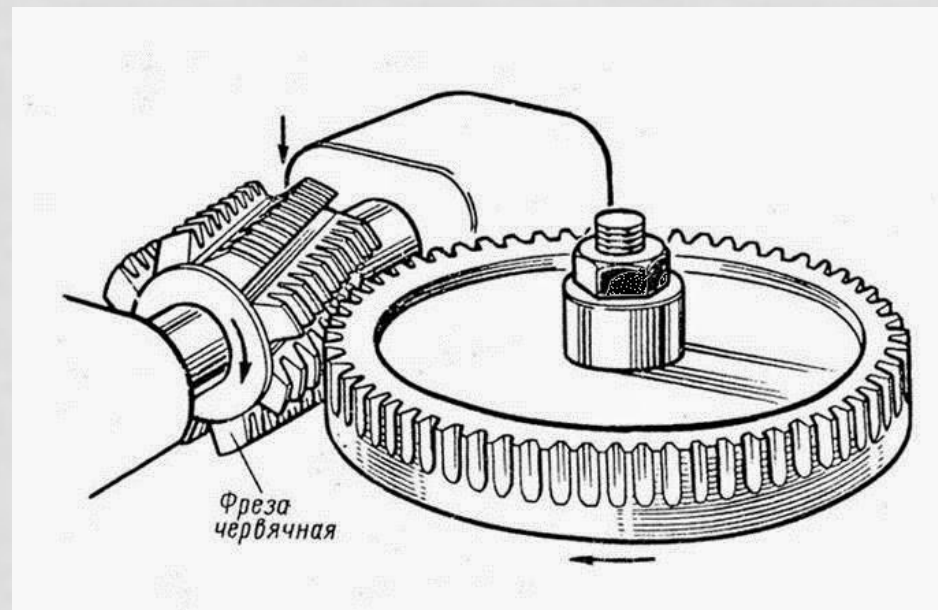
МЕТОДЫ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Для изготовления колес высокой точности используется *метод обката*. Профиль зуба колеса, нарезаемого по методу обката, формируется как огибающая ряда последовательных положений профиля зуба инструмента, в качестве которого применяют инструментальную рейку, долбяк, червячную фрезу. Метод позволяет нарезать одним и тем же инструментом колеса одного модуля, но с разными числами зубьев. *Метод универсальный, обеспечивает высокую точность, но имеет низкую производительность.*

МЕТОДЫ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)



a – нарезание зубчатого колеса долбяк-колесом.

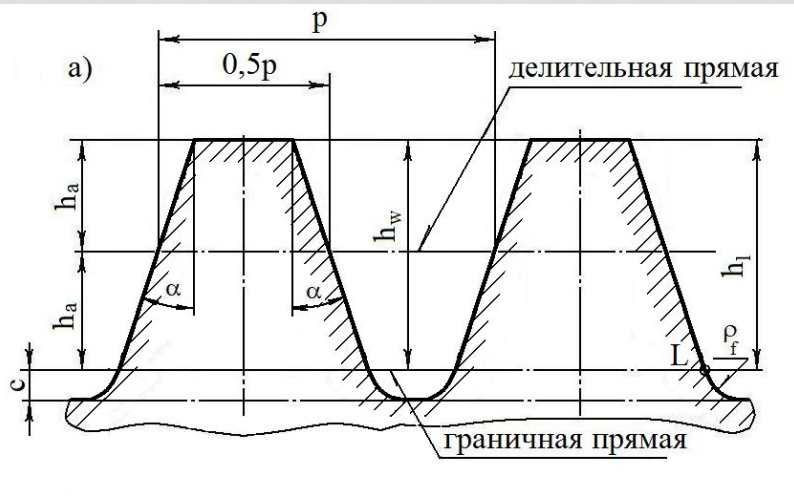


в – нарезание зубчатого колеса червячной фрезой.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ИСХОДНЫЙ И ИСХОДНЫЙ ПРОИЗВОДЯЩИЙ КОНТУРЫ

Форма главной поверхности зуба колеса определяется геометрией режущей кромки инструмента. Во всех развитых странах существует стандарт на геометрию режущего инструмента и, как следствие, колес и передач. Это обеспечивает взаимозаменяемость колес, стандартизацию зуборезного и мерительного инструмента, централизованное изготовление колес, как массовой продукции.

В основу стандарта на зубчатые колеса и передачи положен теоретический исходный контур.



Теоретический исходный контур – плоская фигура, геометрия которой определена стандартом - ГОСТ 13755-81 для колес с модулем m , равным или более 1 мм и ГОСТ 9587-81 для колес с $0,1 \leq m < 1 \text{ мм}$

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ИСХОДНЫЙ И ИСХОДНЫЙ ПРОИЗВОДЯЩИЙ КОНТУРЫ

Основные параметры теоретического исходного контура :

Угол главного профиля α .

Коэффициент высоты головки зуба h_a^* .

Коэффициент граничной высоты h_l^* .

Коэффициент глубины захода зубьев в паре исходных контуров h_w^* .

Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой ρ_f^* .

Коэффициент радиального зазора в паре исходных контуров c^* .

Линия теоретического исходного контура, на которой ширина впадины равна толщине зуба, называется **делительной прямой**. Расстояние между одноименными точками соседних зубьев, измеренное параллельно делительной прямой, называется шагом (p) теоретического исходного контура.

Теоретический исходный контур имеет прямолинейный профиль в пределах граничной высоты зуба h_r , равной $2h_a$

Прямая, параллельная делительной и проходящая через точку L , называется **граничной**. Все линейные размеры теоретического исходного контура задаются в долях модуля (m).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ИСХОДНЫЙ И ИСХОДНЫЙ ПРОИЗВОДЯЩИЙ КОНТУРЫ

В соответствии со стандартом основные размеры теоретического исходного контура определяются по формулам:

$$h_a = h_a^* \cdot m$$

$$\rho_f = \rho_f^* \cdot m$$

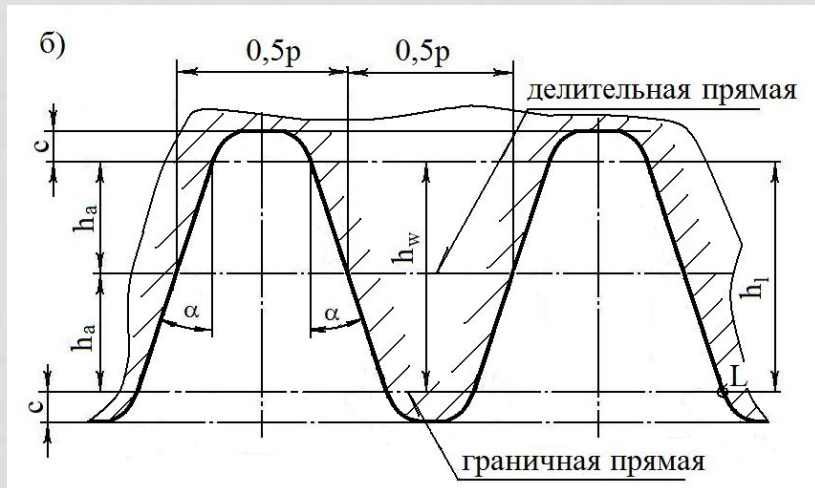
$$c = c^* \cdot m$$

$$h_l = h_l^* \cdot m$$

$$h_w = h_w^* \cdot m$$

Контур, геометрия которого совпадает с геометрией режущего инструмента реечного типа (гребенка), называется **исходным производящим контуром**.

Геометрия исходного производящего контура показана на рисунке. На нем видно, что геометрия инструментальной рейки отличается от геометрии теоретического исходного контура, а именно, высота головки зуба равна высоте его ножки. Объясняется это тем, что в станочном зацеплении головка зуба инструмента формирует ножку зуба колеса, а ножка - головку. Радиальный же зазор необходим для отвода стружки из зоны резания.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!
ПИШИТЕ !!!!