

Семинар 5

Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи

Цель семинара: изучение основных геометрических характеристик эвольвентного зубчатого колеса и цилиндрической эвольвентной зубчатой передачи

Задачи семинара:

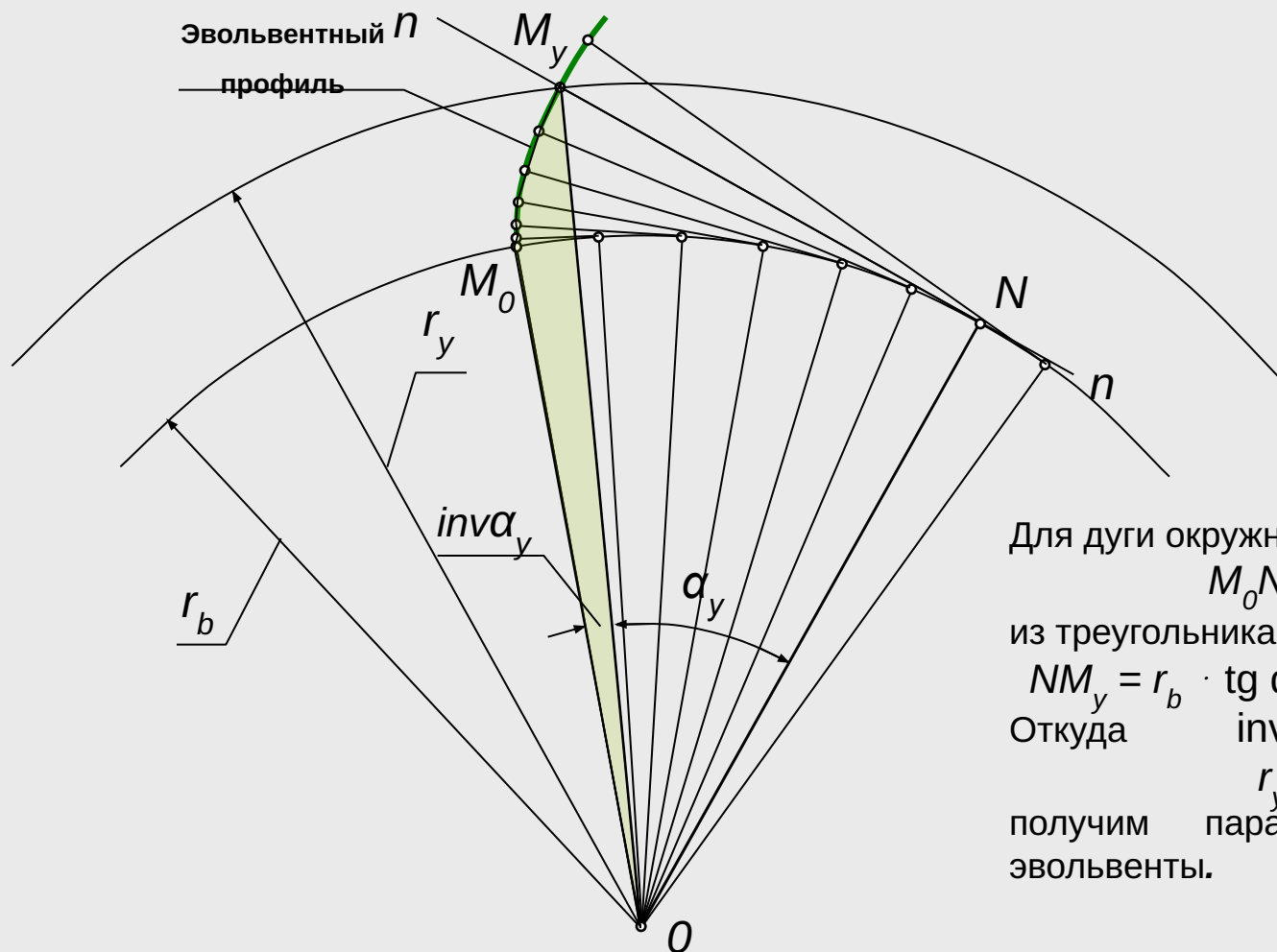
1. Геометрические параметры эвольвентного зубчатого колеса (основные термины и обозначения). Классификация зубчатых колес
2. Исходный и исходный производящий контуры. Основные параметры
3. Станочное зацепление эвольвентного зубчатого колеса с реечным инструментом (основные термины и обозначения)
4. Эвольвентная зубчатая передача (основные геометрические характеристики). Классификация зубчатых передач. Коэффициент торцевого перекрытия

Эвольвента окружности и ее свойства.

Эволютой называется геометрическое место центров кривизны данной кривой. Данная кривая по отношению к эволюте называется эвольвентой.

Согласно определению нормаль к эвольвенте (на которой лежит центр кривизны) является касательной к эволюте. Эвольвенты окружности описываются точками производящей прямой при ее перекатывании по окружности, которую называют основной.

Параметрические уравнения эвольвенты получим из схемы, изображенной на рисунке. Так как производящая прямая перекатывается по основной окружности без скольжения то дуга M_0N равна отрезку NM_y .



Для дуги окружности

$$M_0N = r_b \cdot (\operatorname{inv} \alpha_y - \alpha_y),$$

из треугольника $\triangle OM_yN$

$$NM_y = r_b \cdot \operatorname{tg} \alpha_y, \quad r_y = r_b / \cos \alpha_y.$$

Откуда $\operatorname{inv} \alpha_y = \operatorname{tg} \alpha_y - \alpha_y$,

$$r_y = r_b / \cos \alpha_y,$$

получим параметрические уравнения эвольвенты.

Эвольвентное зубчатое колесо и его параметры.

Эвольвентным зубчатым колесом называют звено зубчатого механизма, снабженное замкнутой системой зубьев.

При проектировании зубчатого колеса вначале нужно определить его число зубьев z , а затем определить параметры зубьев. Для этого нужно произвольную окружность колеса r_y разделить на z частей, каждая из которых называется окружным шагом p_y .

$$2 \cdot \pi \cdot r_y = p_y \cdot z \Rightarrow 2 \cdot r_y = (p_y / \pi) \cdot z = m_y \cdot z = d_y,$$
 где $m_y = p_y / \pi = d_y / z$ - модуль зацепления по окружности произвольного радиуса.

Модулем зацепления называется линейная величина в π раз меньшая окружного шага или отношение шага по любой концентрической окружности зубчатого колеса к π .

На колесе можно провести бесчисленное число окружностей на каждой из которых будет свой модуль. Для ограничения числа возможных модулей ГОСТом введен стандартный ряд модулей. Стандартной модуль определяется по окружности называемой делительной. Точнее **делительной** называется такая окружность зубчатого колеса, на которой модуль и шаг принимают стандартное значение.

В зависимости от окружности по которой определен модуль различают делительный, основной, начальный. Для косозубых колес еще и нормальный, торцевой и осевой модули. В ряде стран используется величина обратная модулю, которая называется питчем. **Питч (диаметральный)** - число зубьев колеса, приходящееся на дюйм диаметра. Исходя из этого модуль можно определить как число миллиметров диаметра, приходящееся на один зуб.

Эвольвентное зубчатое колесо и его параметры.

Примечание: Согласно ГОСТ основные элементы зубчатого колеса обозначаются по следующим правилам:

линейные величины - строчными буквами латинского алфавита,

угловые - греческими буквами;

установлены индексы для величин:

- по окружностям: делительной - без индекса, вершин - a , впадин - f , основная - b , начальная - w ,
- нижних точек активных профилей колес - p , граничных точек - l ;
- по сечениям: нормальное сечение - n , торцевое сечение - t , осевое сечение - x ;
- относящихся к зуборезному инструменту - 0 .

Для параметров зубчатого колеса справедливы следующие соотношения

$$d_y = m_y \cdot z \quad - \text{диаметр окружности произвольного радиуса,}$$

$$d = m \cdot z \quad - \text{диаметр делительной окружности,}$$

$$p_y = m_y \cdot \pi \quad - \text{шаг по окружности произвольного радиуса,}$$

$$p = m \cdot \pi \quad - \text{шаг по делительной окружности,}$$

$$r_y = r_b / \cos \alpha_y \Rightarrow r = r_b / \cos \alpha \Rightarrow r / r_y = \cos \alpha_y / \cos \alpha$$

$$r_y = m_y \cdot z / 2 \Rightarrow r = m \cdot z / 2 \Rightarrow m / m_y = \cos \alpha_y / \cos \alpha$$

$$m_y = m \cdot \cos \alpha / \cos \alpha_y \quad r_b = r \cdot \cos \alpha$$

где α - угол профиля на делительной окружности,

α_y - угол профиля на окружности произвольного радиуса.

Эвольвентное зубчатое колесо и его параметры.

Углом профиля называется острый угол между касательной к профилю в данной точке и радиусом - вектором, проведенным в данную точку из центра колеса.

Шаг колеса делится на толщину зуба s_y и ширину впадины e_y . **Толщина зуба s_y** - расстояние по дуге окружности r_y между разноименными точками профилей зуба.

Ширина впадины e_y - расстояние по дуге окружности r_y между разноименными точками профилей соседних зубьев.

$$p_y = s_y + e_y \Rightarrow p = s + e = \pi \cdot m,$$

$$p_y = \pi \cdot m_y = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha / \cos \alpha_y.$$

На основной окружности $\alpha_b \Rightarrow 0$ и $\cos \alpha_b \Rightarrow 1$, тогда

$$m_b = m \cdot \cos \alpha \Rightarrow p_b = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha.$$

В зависимости от соотношения между толщиной зуба и шириной впадины на делительной окружности зубчатые колеса делятся на:

нулевые $s = e = \pi \cdot m / 2$, $\Rightarrow \Delta = 0$;

положительные $s > e$, $\Rightarrow \Delta > 0$;

отрицательные $s < e$, $\Rightarrow \Delta < 0$;

где Δ - коэффициент изменения толщины зуба (отношение приращения толщины зуба к модулю). Тогда толщину зуба по делительной окружности можно записать

$$s = (\pi \cdot m / 2) + \Delta \cdot m = m \cdot [(\pi / 2) + \Delta].$$

Более подробно познакомиться с основными определениями и расчетными зависимостями можно в литературе и в ГОСТ 16530-83.

Понятие об исходном, исходном производящем и производящим контуром.

Для сокращения номенклатуры режущего инструмента стандарт устанавливает нормативный ряд модулей и определенные соотношения между размерами элементов зуба. Эти соотношения определяются:

для зубчатых колес определяются параметрами исходной рейки через параметры ее нормального сечения - **исходный контур**;

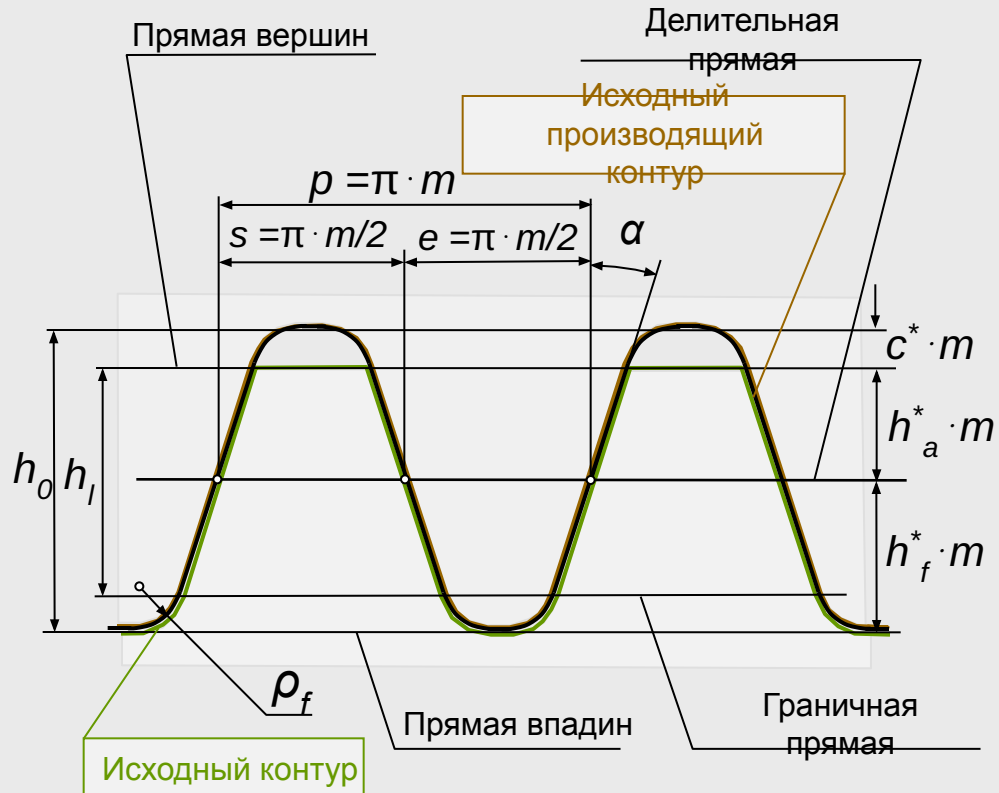
для зубчатого инструмента определяются параметрами исходной производящей рейки через параметры ее нормального сечения - **исходный производящий контур**.

Исходный контур – контур исходной теоретической зубчатой рейки, параметры которого положены в основу стандартизации зубчатых колес.

Исходный производящий контур – контур исходной теоретической инструментальной рейки, параметры которого положены в основу стандартизации зуборезного инструмента.

Исходный и исходный производящий контуры образуют между собой конгруэнтную пару, т.е. один заполняет другой как отливка заполняет заготовку (с радиальным зазором $s^* \cdot m$ в зоне прямой вершин зуба исходной рейки). Принципиальное отличие этих контуров в том, что исходный контур положен в основу стандартизации зубчатых колес, а исходный производящий - в основу стандартизации зуборезного инструмента. Оба эти контура необходимо отличать от **производящего контура - проекции режущих кромок инструмента на плоскость перпендикулярную оси заготовки**.

Понятие об исходном, исходном производящем и производящим контуром.



По ГОСТ 13755-81 значения параметров исходного контура должны быть следующими:

угол главного профиля

$$\alpha = 20^\circ;$$

коэффициент высоты зуба

$$h_a^* = 1;$$

коэффициент высоты ножки

$$h_f^* = 1.25;$$

коэффициент граничной высоты

$$h_j^* = 2;$$

коэффициент радиуса кривизны переходной кривой

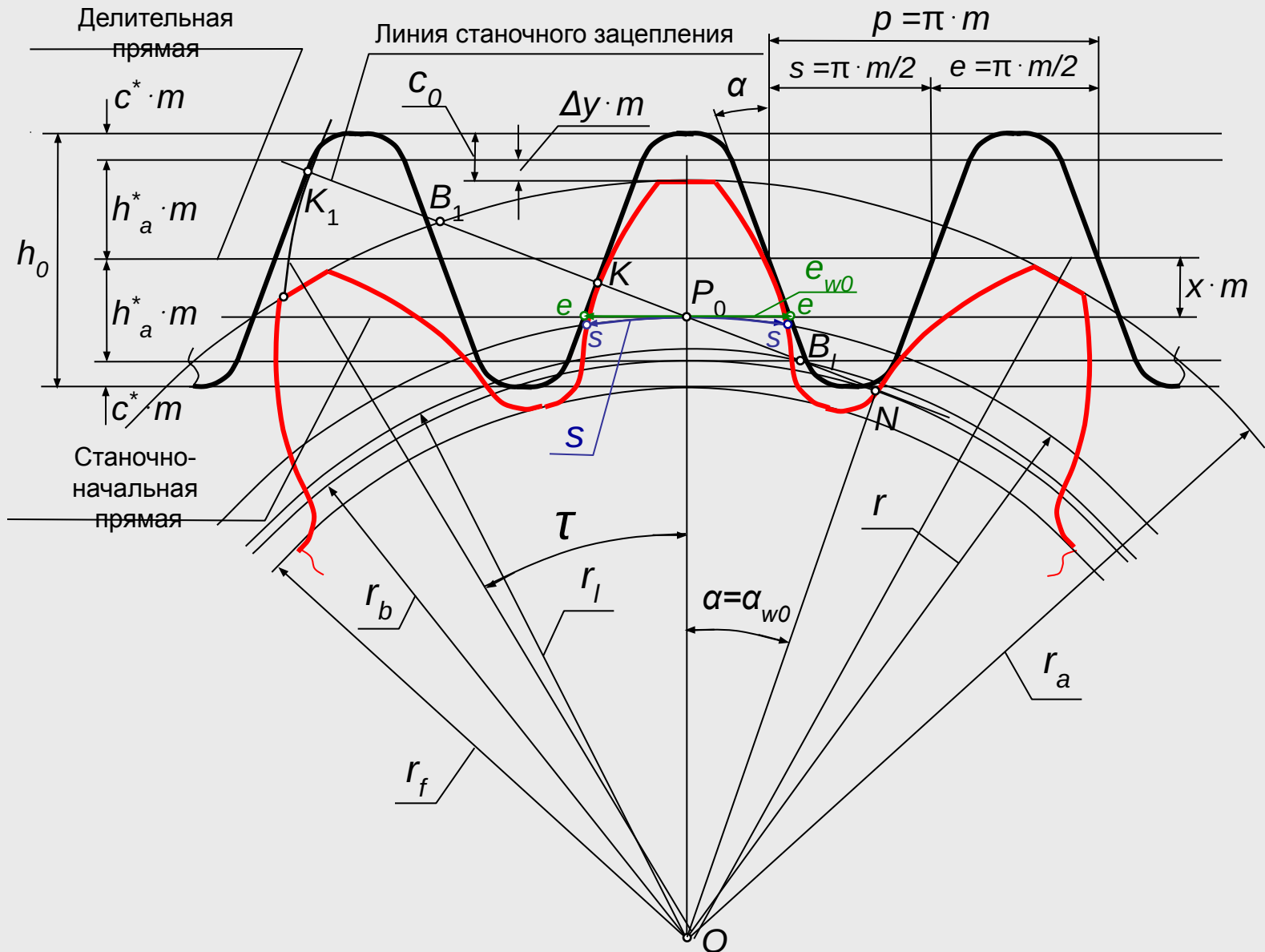
$$\rho_f^* = c^* / (1 - \sin \alpha) = 0.38;$$

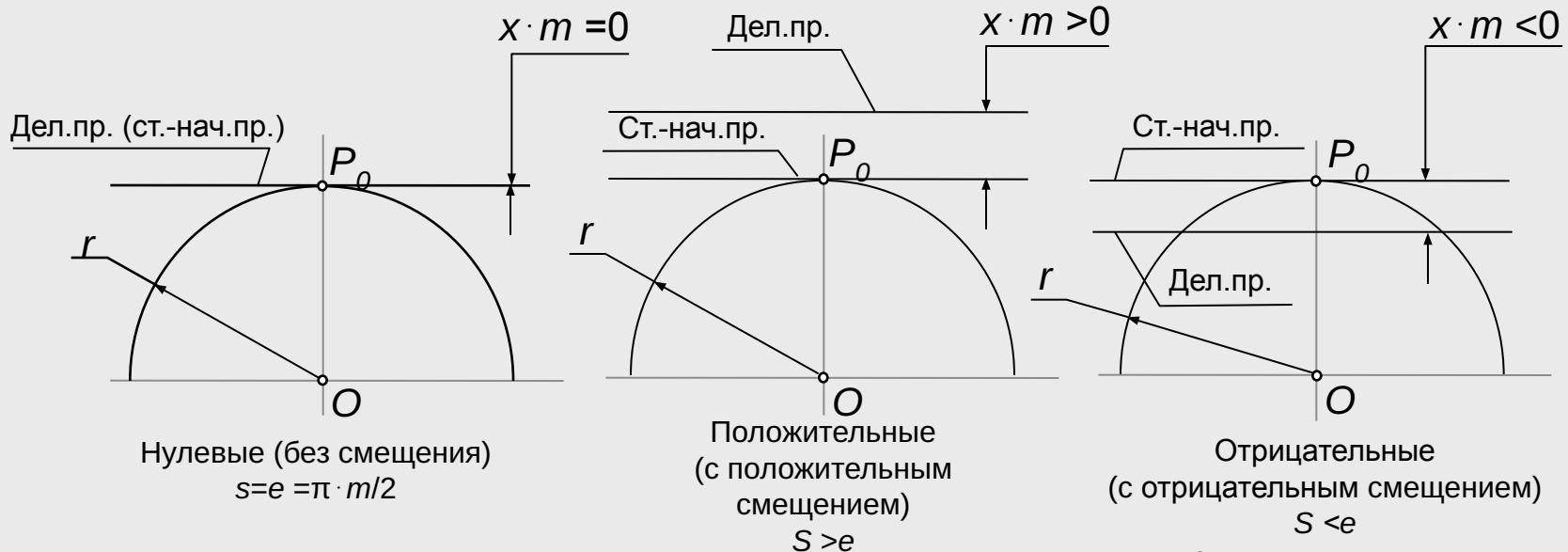
коэффициент радиального зазора в паре исходных контуров

$$c^* = 0.25.$$

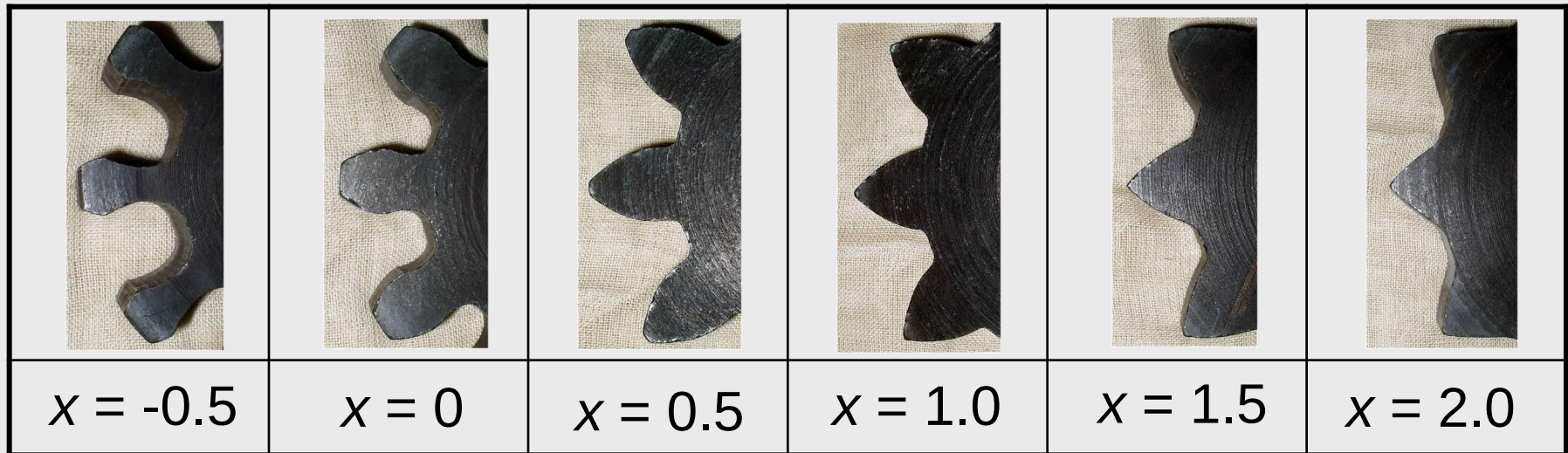
Исходный производящий контур отличается от исходного высотой зуба $h_0 = 2.5m$.

Станочное зацепление (инструмент с реечным производящим контуром - гребенка).

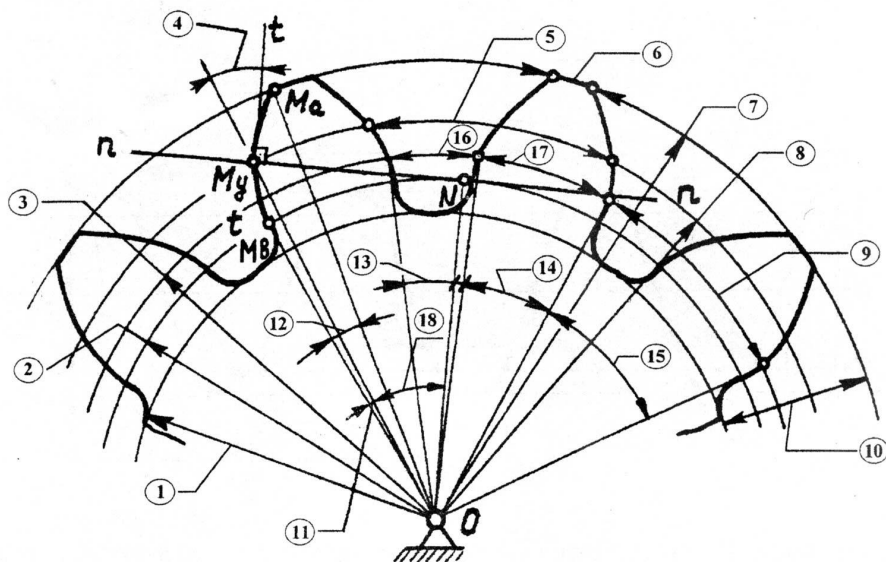




Влияние смещения инструмента на форму зуба колеса



Эвольвентное зубчатое колесо и его параметры.

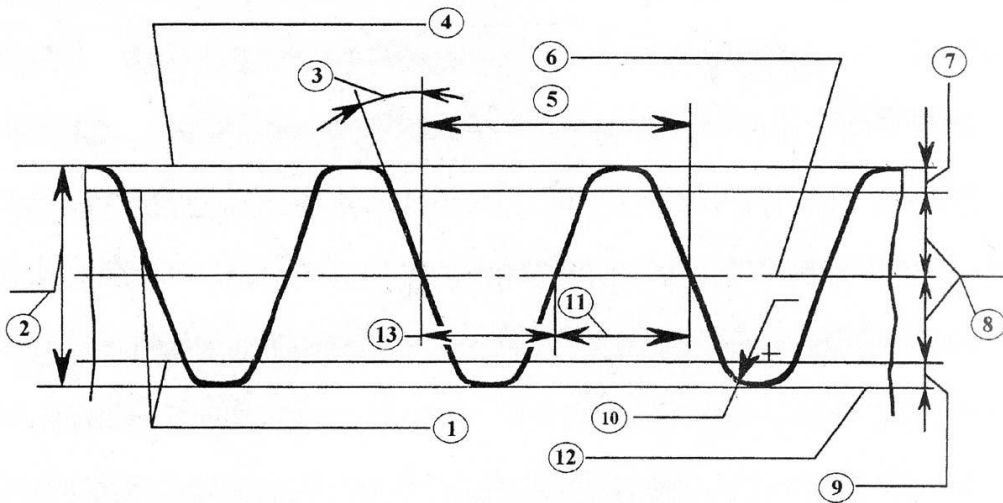


Элементы зубчатого колеса

1. r_f – радиус окружности впадин;
2. r_b – радиус основной окружности;
3. r – радиус делительной окружности;
4. α_y – угол профиля на окружности произвольного радиуса;
5. p_y – шаг по окружности произвольного радиуса;
6. s_a – толщина зуба по окружности вершин;
7. r_a – радиус окружности вершин;
8. r_y – радиус произвольной окружности;
9. p – шаг по делительной окружности;
10. h – высота зуба;

11. $\text{inv } \alpha_y$ – эвольвентный угол на окружности произвольного радиуса;
12. $\text{inv } \alpha_a$ – эвольвентный угол на окружности вершин;
13. 2η – угловая ширина впадины – центральный угол, стягиваемый дугой e ;
14. 2ψ – угловая толщина зуба – центральный угол, стягиваемый дугой s ;
15. τ – угловой шаг – центральный угол, стягиваемый дугой p ;
16. e – ширина впадины по дуге делительной окружности;
17. s – толщина зуба по дуге делительной окружности;
18. p – шаг по дуге делительной окружности;
19. α_y – угол равный углу профиля на окружности произвольного радиуса.

Понятие об исходном, исходном производящем и производящим контуром.

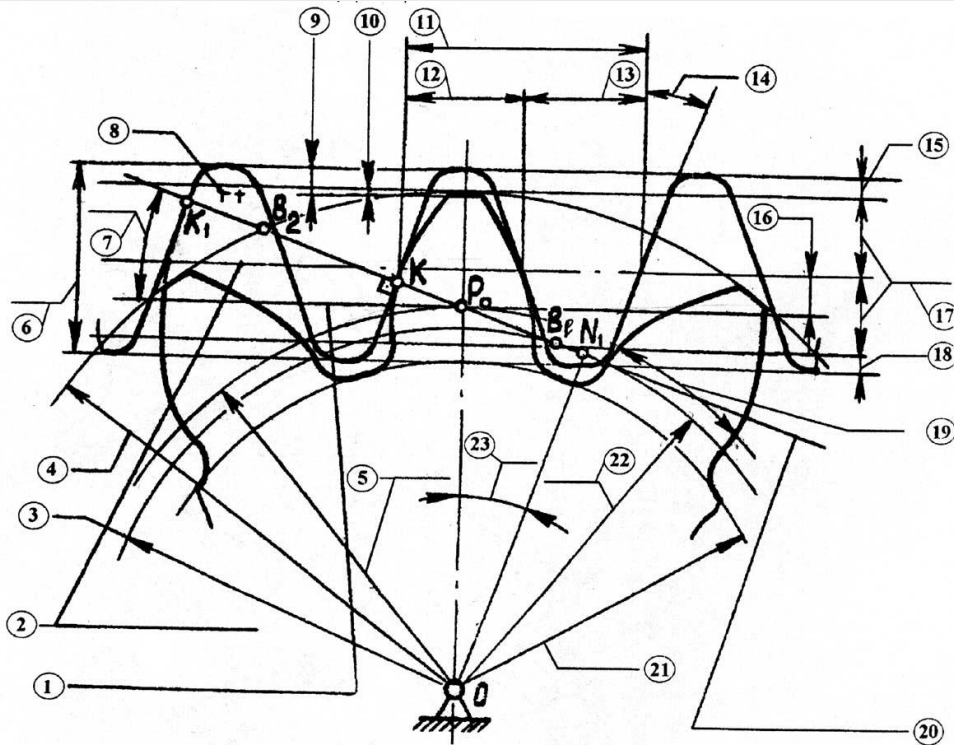


Исходный производящий контур реечного инструмента

1. прямая граничных точек;
2. h_0 – высота зуба инструмента;
3. α – угол профиля;
4. прямая вершин;
5. p – шаг по делительной прямой;
6. делительная прямая;
- 7 и 9. c^*m – стандартный радиальный зазор;
8. h_a^*m – стандартная высота головки (ножки) зуба;

10. ρ_f^*m – радиус скругления профиля;
11. s – толщина зуба по делительной прямой;
12. прямая впадин;
13. e – ширина впадины по делительной прямой.

Станочное зацепление (инструмент с реечным производящим контуром - гребенка).

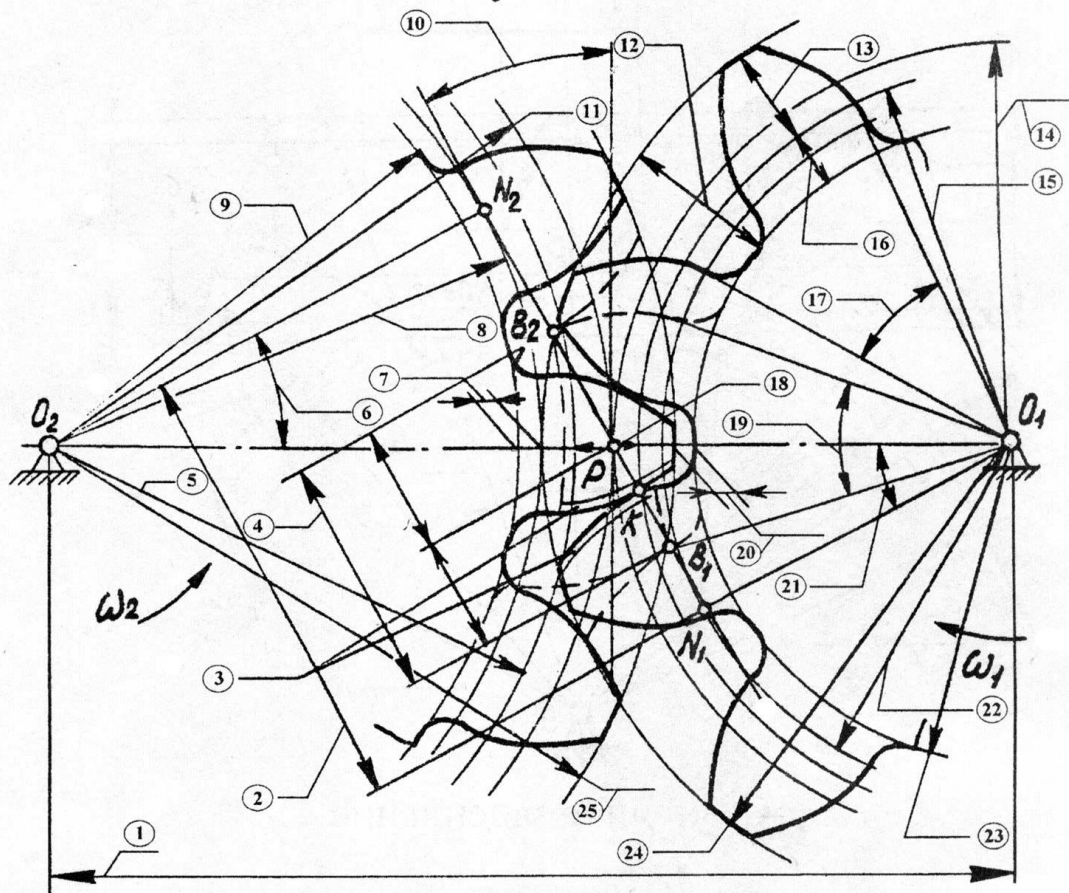


Станочное зацепление

19. s – толщина зуба по делительной окружности;
20. линия станочного зацепления;
21. r_f – радиус окружности впадин;
22. r_l – радиус окружности граничных точек;
23. $\alpha = \alpha_{w0}$ – угол равный углу станочного зацепления и углу профиля;

1. станочно-начальная прямая;
2. делительная прямая;
3. r – радиус основной окружности;
4. r_a – радиус окружности вершин;
5. r – радиус делительной окружности;
6. h_0 – высота зуба инструмента;
7. α_{w0} – угол станочного зацепления;
8. $\rho_f^* m$ – радиус скругления профиля;
9. c_0 – станочный радиальный зазор;
10. $\Delta_{ум}$ – уравнительное смещение;
11. p_0 – шаг по делительной прямой;
12. e_0 – ширина впадины по делительной прямой.
13. s_0 – толщина зуба по делительной прямой;
14. α – угол профиля;
16. $x m$ – смещение исходного (производящего) контура;
- 15 и 18. $c^* m$ – стандартный радиальный зазор;
17. $h_a^* m$ – стандартная высота головки (ножки) зуба;

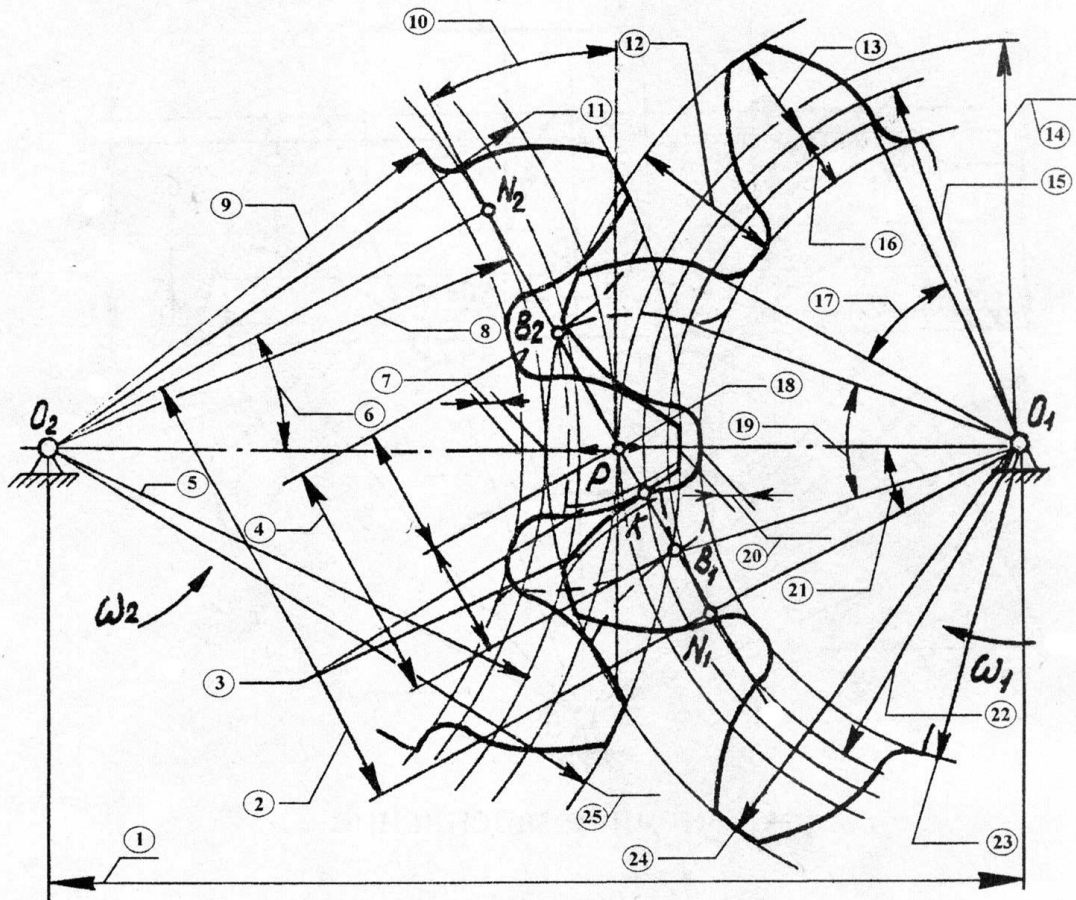
Цилиндрическая эвольвентная зубчатая передача.



Элементы зубчатой передачи

1. a_w – межосевое расстояние;
2. $g_\alpha(N_1N_2)$ – линия зацепления;
3. активные участки профилей зубьев;
4. $g_\alpha(B_1B_2)$ – активный участок линии зацепления (нижний – g_{af} , верхний – g_{aa});
5. r_2 – радиус делительной окружности колеса 2;
6. α_w – угол равный углу зацепления;
7. c^*m – стандартный радиальный зазор;
8. r_{b2} – радиус основной окружности колеса 2;
9. r_{f2} – радиус окружности впадин колеса 2;
10. α_w – угол зацепления;
11. r_{w2} – радиус начальной окружности колеса 2;
12. h_1 – высота зуба колеса 1;
13. h_{a1} – высота делительной головки зуба колеса 1;

Цилиндрическая эвольвентная зубчатая передача.



Элементы зубчатой передачи

14. r_{w1} – радиус начальной окружности колеса 1;
15. r_1 – радиус делительной окружности колеса 1;
16. h_{f1} – высота делительной ножки зуба колеса 1;
17. τ_1 – угловой шаг колеса 1;
18. um – воспринимаемое смещение;
19. φ_{a1} – угол перекрытия на колесе 1;
20. c^*m – стандартный радиальный зазор;
21. α_w – угол равный углу зацепления;
22. r_{b1} – радиус основной окружности колеса 1;
23. r_{f1} – радиус окружности впадин колеса 1;
24. r_{a1} – радиус окружности вершин колеса 1;
25. r_{a2} – радиус окружности вершин колеса 2.

Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи

Литература по теме семинара

