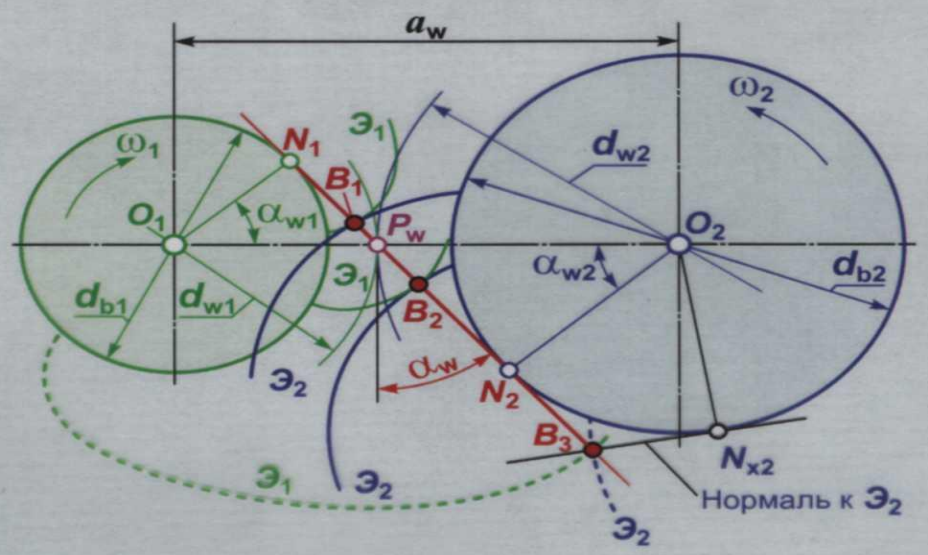
СВОЙСТВА ВНЕШНЕГО ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ



N_1, N_2, N_1N_2 - предельные точки и линия зацепления;
P_w - полюс зацепления (МЦВ);
d_{w1}, d_{w2} - начальные окружности,
α_w, α_{w1}, α_{w2} - угол зацепления (угол давления) и профильные углы эвольвент в точках на d_{w1} и d_{w2}.

1. Эвольвенты контактируют в пределах предельной линии зацепления N_1N_2 (B_1 и B_2 - имеют общие производящие); за ее пределами они пересекаются (B_3 - имеет разные производящие). Условие отсутствия интерференции

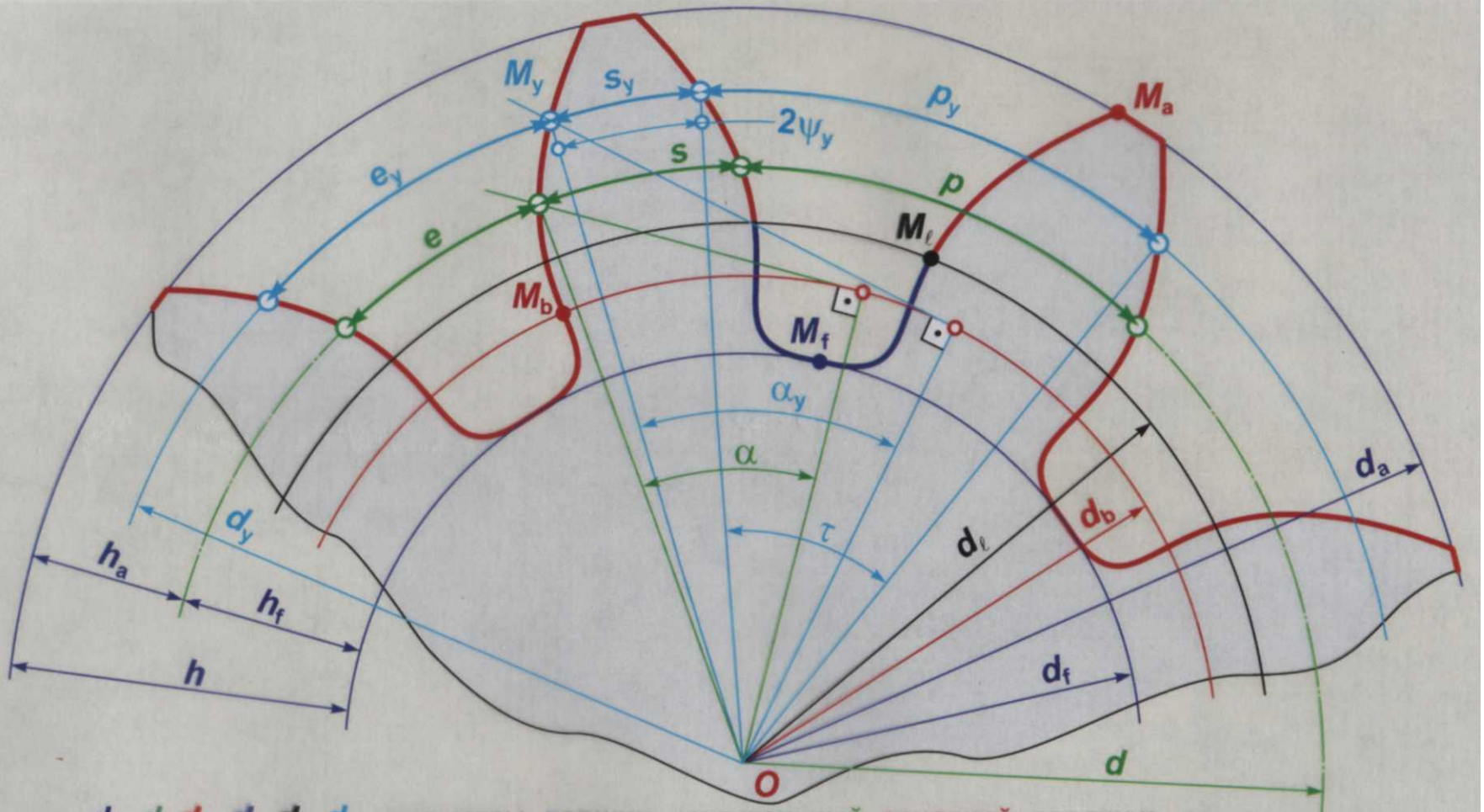
$$P_wN_2 > P_wB_i < P_wN_1.$$

2.Эвольвентное зацепление обеспечивает $i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{d_{w2}}{d_{w1}} = \text{const}$ (полюс фиксирован на межцентровой линии).

3.Кинематика эвольвентного зацепления нечувствительна к колебаниям межцентрового расстояния

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{d_{b2}}{d_{b1}} = \text{const}$$

ЭЛЕМЕНТЫ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПРЯМОЗУБОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА



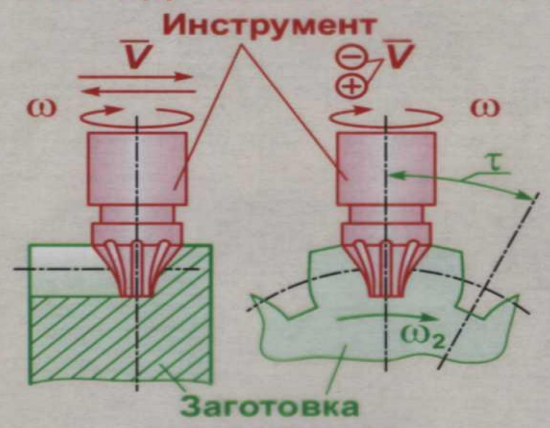
d_a, d, d_b, d_f, d_ℓ, d_y - диаметры вершин, делительный, основной, впадин и окружностей граничных точек и произвольного радиуса соответственно.

M_b, M_ℓ, M_aM_ℓ, $M_\ell M_f$ - предельная и граничная точки, главный профиль зуба (эвольвента) и переходная кривая соответственно.

α, α_y - углы, численно равные углам профиля эвольвенты на делительной и произвольного радиуса окружностях соответственно.

МЕТОДЫ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

МЕТОД КОПИРОВАНИЯ



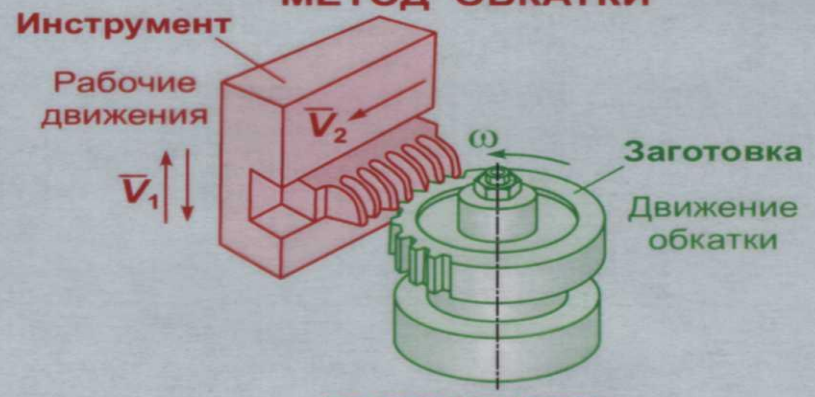
НЕДОСТАТКИ

1. Огромная наменклатура режущего инструмента (равна сочетанию числа зубьев и модуля).
2. Принципиальная неточность нарезания зубьев (использование универсального комплекта фрез).
3. Нетехнологичногсть инструмента, малая производительность.

ДОСТОИНСТВА

Возможность нарезания зубьев на универсальном фрезерном оборудовании.

МЕТОД ОБКАТКИ



ДОСТОИНСТВА

1.Принципиальная точность нарезания зубьев.
2.Резкое сокращение наменклатуры и технологичность инструмента.
3.Высокая производительность.

НЕДОСТАТКИ

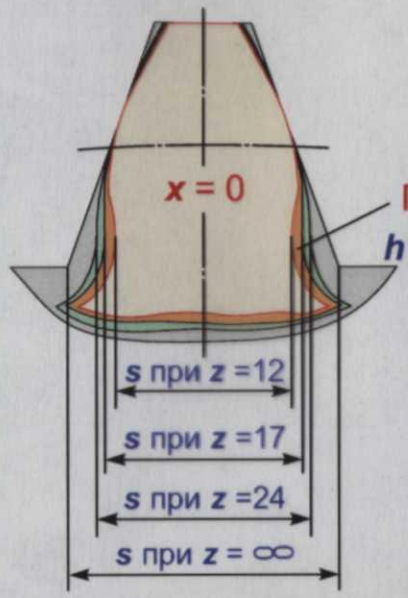
Требуется специальное зубонарезное оборудование.

ПРОФИЛИ ЗУБЬЕВ КОЛЕС С РАЗЛИЧНЫМ ЧИСЛОМ ЗУБЬЕВ

При взаимодействии **эвольвент** за пределами предельной линии зацепления они **пересекаются.** В этом случае у заготовки режущим инструментом срезается часть эвольвенты ниже точки M_ℓ и получается зуб, нарезанный **с подрезанием.**

Подрезание недопустимо :

- **срезается** часть **эвольвенты** и **нарушается кинематика** зацепления,
- **ослабляется зуб** в наиболее опасном сечении.



Подрезание зуба при $h_a^* = 1$, $\alpha = 20^\circ$ и $z < 17$

ПОДРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ

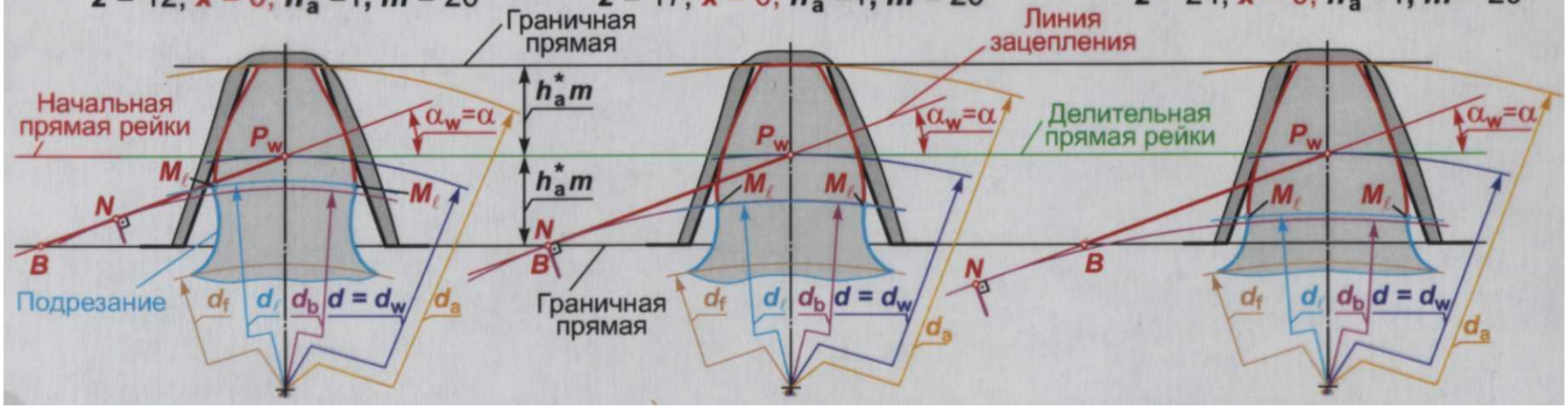
Зубья нарезаны с подрезанием

$z = 12$, $x = 0$, $h_a^* = 1$, $m = 20$

Зубья свободны от подрезания

$z = 17$, $x = 0$, $h_a^* = 1$, $m = 20$

$z = 24$, $x = 0$, $h_a^* = 1$, $m = 20$



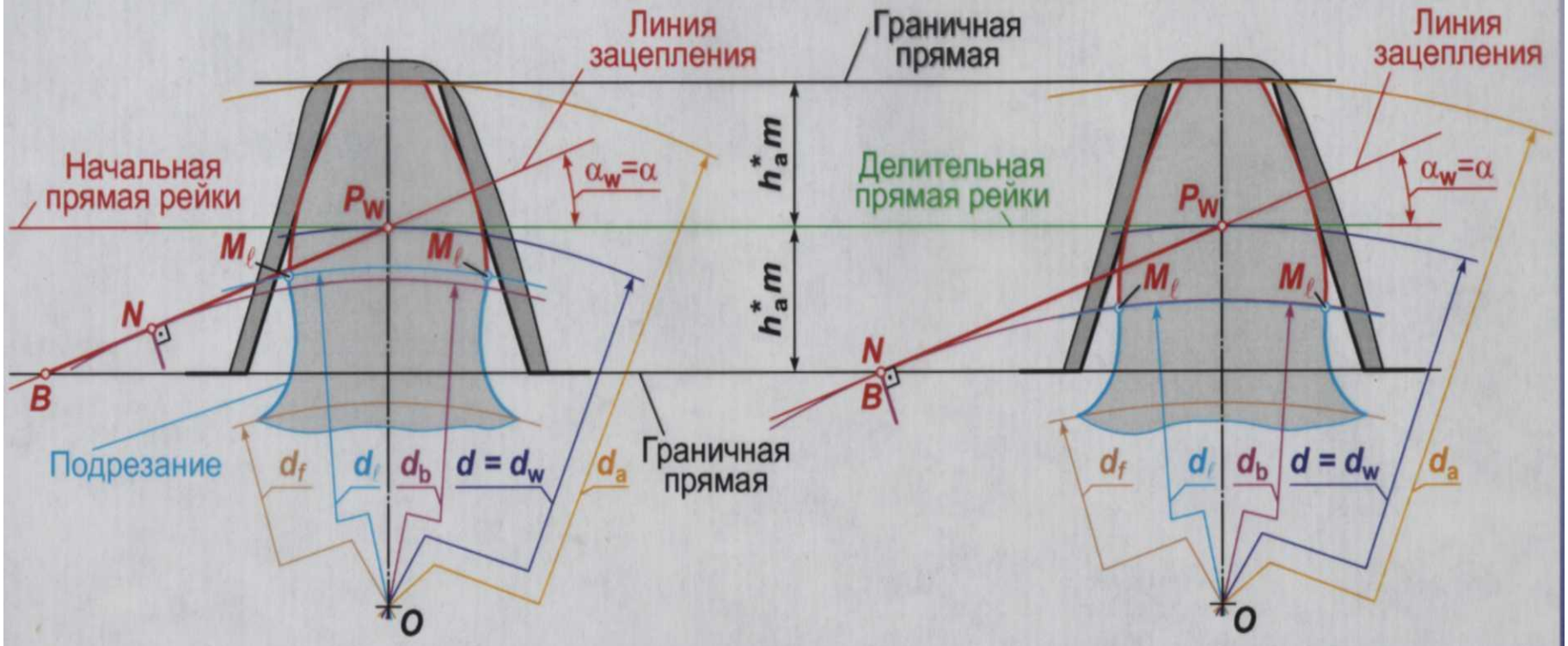
МИНИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО ЗУБЬЕВ СВОБОДНОЕ ОТ ПОДРЕЗАНИЯ (Z_{min})

Зубья нарезаны с подрезанием

$z = 12$, $x = 0$, $h_a^* = 1$, $m = 20$

Зубья свободны от подрезания

$z = 17$, $x = 0$, $h_a^* = 1$, $m = 20$

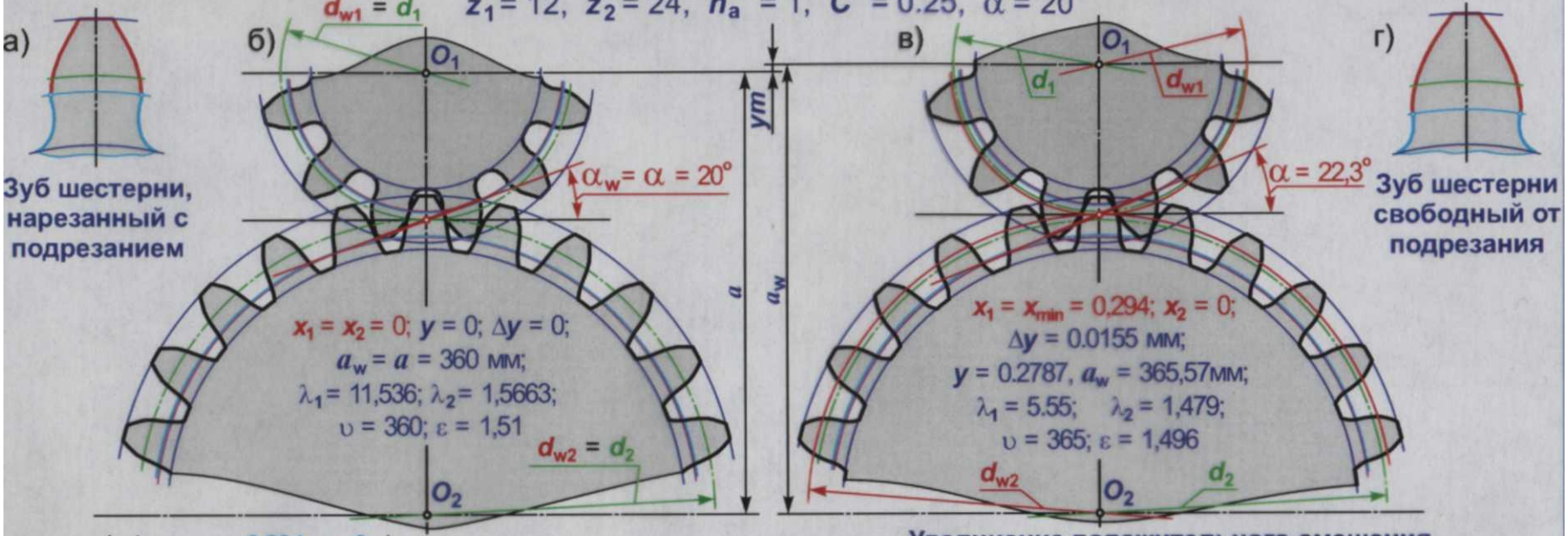


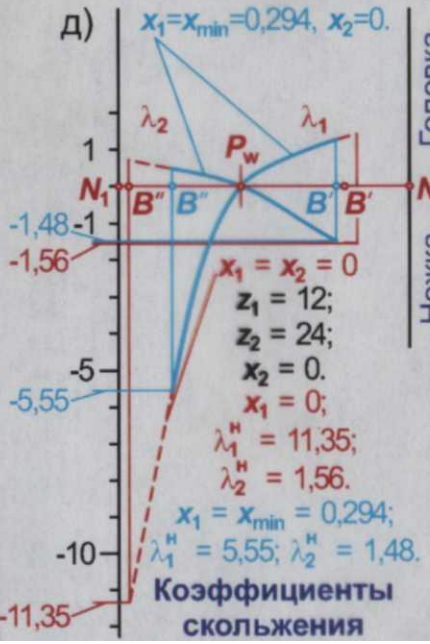
Граничное условие, обеспечивающее отсутствие подрезания зубьев инструментом

$$P_W B = P_W N.$$

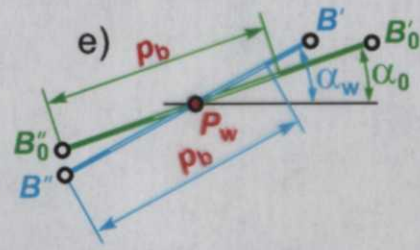
ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

$z_1 = 12$, $z_2 = 24$, $h_a^* = 1$, $C^* = 0.25$, $\alpha = 20^\circ$





Коэффициенты скольжения



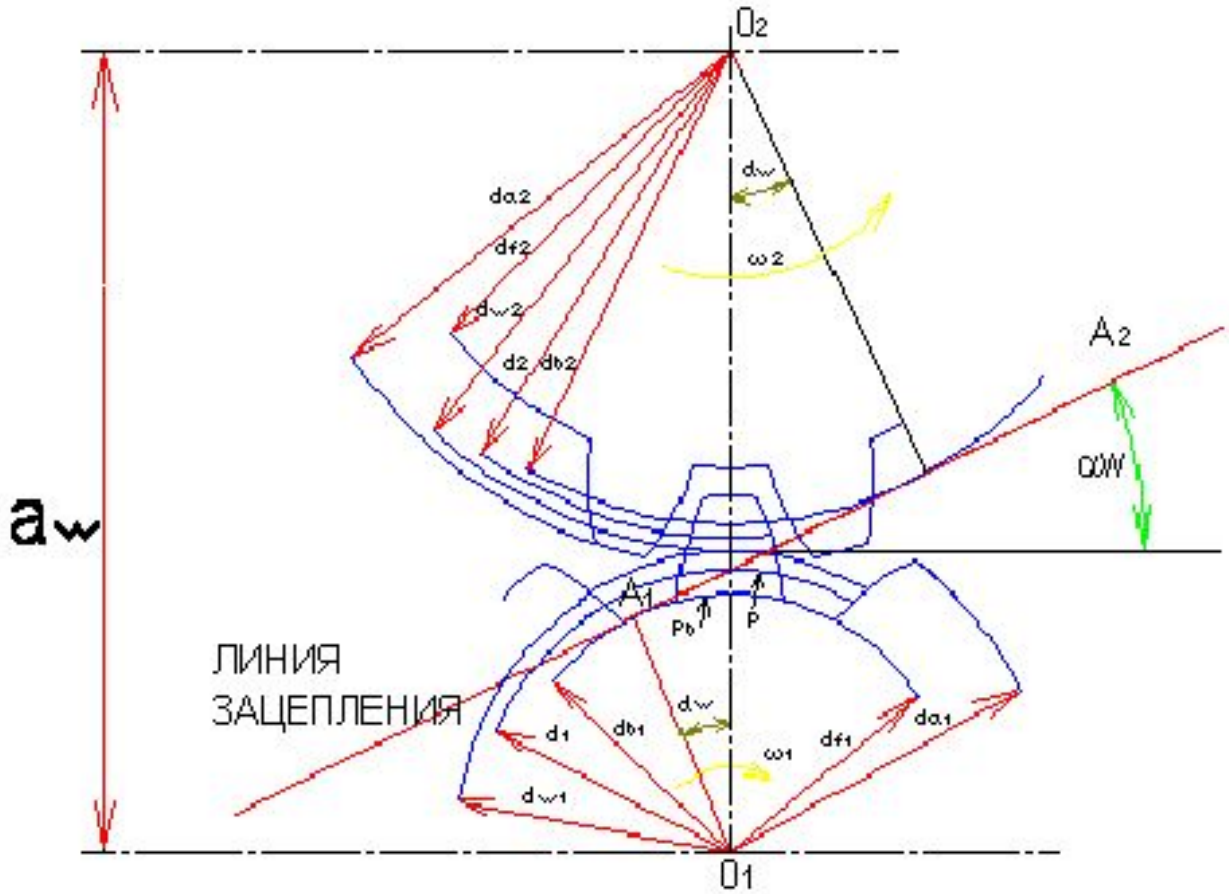
Активные линии зацепления, зоны одно- и двупарного зацепления

Увеличение положительного смещения приводит к следующим результатам:

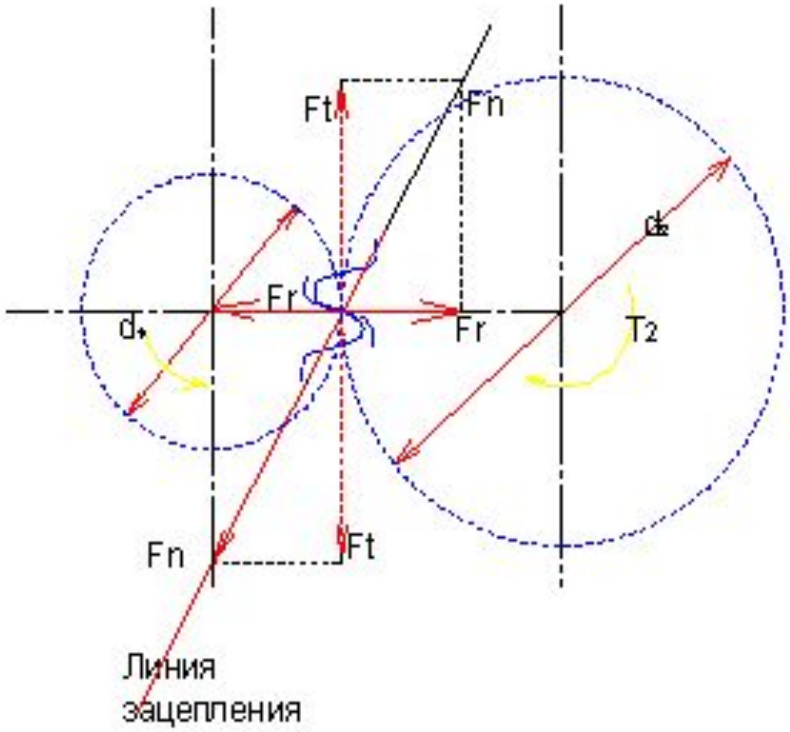
- позволяет уменьшить габариты передачи за счет возможности уменьшения числа зубьев;
- уменьшает коэффициент скольжения, исключает участки эвольвенты с большим λ (рис. д);
- уменьшает коэффициент удельного давления ,снижаются $\sigma_н$ за счет увеличения $\rho_{пр}$;
- увеличивается коэффициент формы зуба Y, зуб утолщается у основания (рис. а, г);
- увеличивается угол давления α_w, снижается силовая работоспособность (рис. б,в,е);
- уменьшается коэффициент перекрытия ε (рис. б,в), так как уменьшается длина активной линии зацепления $B'B''$ (рис. е), а шаг по основной окружности p_b не меняется (снижаются силовая и динамическая работоспособности).

Введение отрицательного смещения дает обратные зависимости

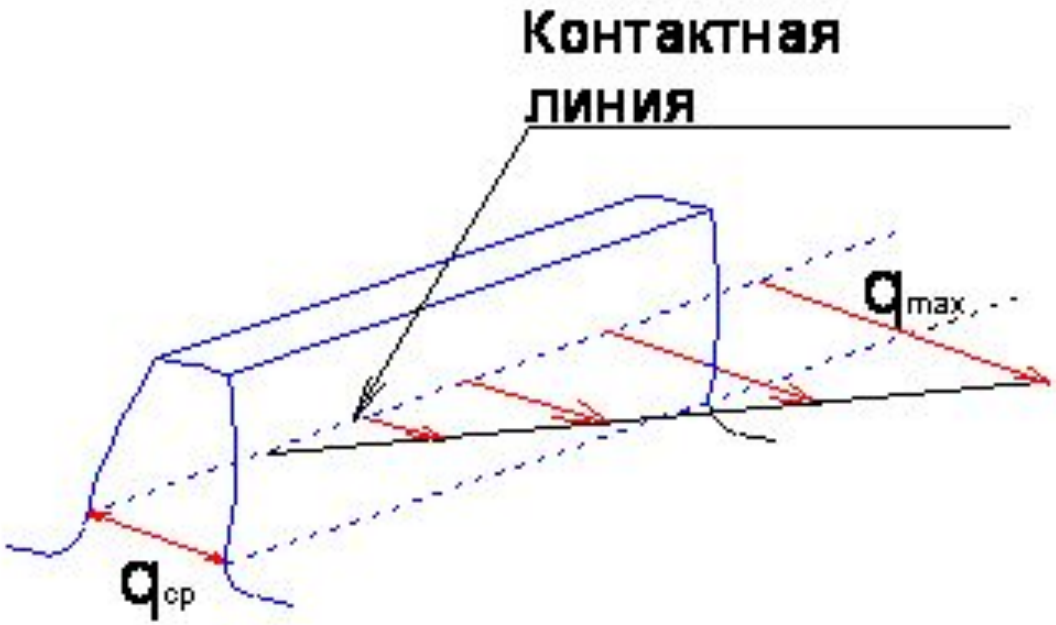
Геометрия прямозубой цилиндрической передачи.



Силы действующие в зацеплении.



Расчетная нагрузка



Расчет на контактную прочность формула Герца.

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{q}{\rho_{пр}} * \frac{E}{2\pi\left(1-\mu^2\right)}} \le \left[\sigma_H\right]$$

$$\sigma_H = \frac{340}{au} * \sqrt{\frac{(U+1)^3}{b} * K_H T_2} \leq [\sigma_H]$$

$$a = (U+1)\sqrt[3]{\left(\frac{340}{U[\sigma_H]}\right)^2 \frac{K_H T_2}{\psi_{ba}}}$$

От чего зависит $K_{H\beta}$

Коэффициент $K_{H\beta}$ (или $K_{F\beta}$) зависит:

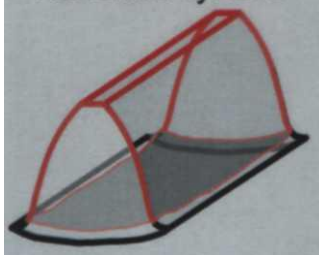
-От жесткости валов (особенно вала шестерни).
-От характера расположения шестерни относительно опор.
-От коэффициента безразмерной ширины $\psi_{bd} = b/d_1$
-От твердостей рабочих поверхностей зубьев.

От чего зависит K_{HV}

Коэффициент K_{HV} (или K_{FV}) зависит:

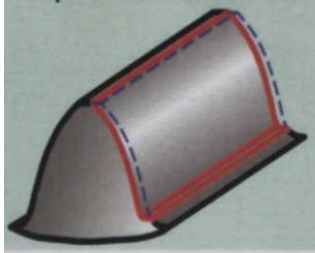
-От степени точности зацепления,
-От величины окружной скорости в зацеплении,
-От твердости рабочих поверхностей зубьев.

Поломка зубьев



Излом зуба по сечению у основания может носить усталостный характер или являться следствием перегрузок. При циклическом нагружении микротрещины у основания зуба разрастаются, что может привести к его разрушению. Приоритетное значение имеет оптимальное сочетание коэффициентов формы зуба ***Y*** и перекрытия ε. Необходимо учитывать, что увеличение коэффициента смещения ***x*** увеличивает ***Y***, но уменьшает ε

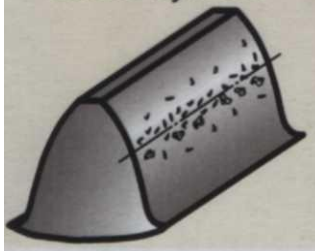
Абразивный износ



При работе открытой зубчатой передачи превалирует абразивный износ и приоритетное значение имеют коэффициенты скольжения λ_1 и λ_2.
Для обеспечения равнопрочности по износу желательно при термообработке обеспечить

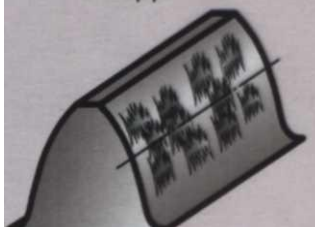
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{H_{b1}}{H_{b2}}$$

Выкрашивание поверхностных слоев зубьев



При работе закрытой зубчатой передачи в условиях хорошей смазки при циклическом нагружении у полюсной линии разрастаются микротрещины, что приводит к образованию оспинок, переходящих в раковины.
На первое место выступают угол давления α_w и коэффициент удельного давления ρ.

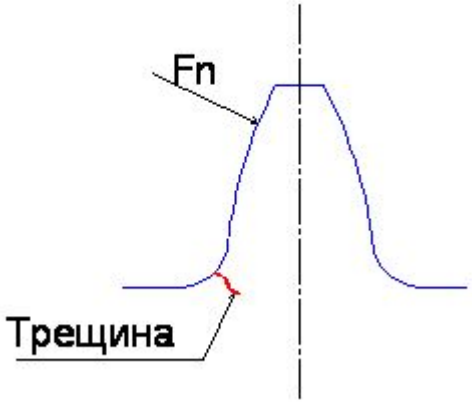
Заедание



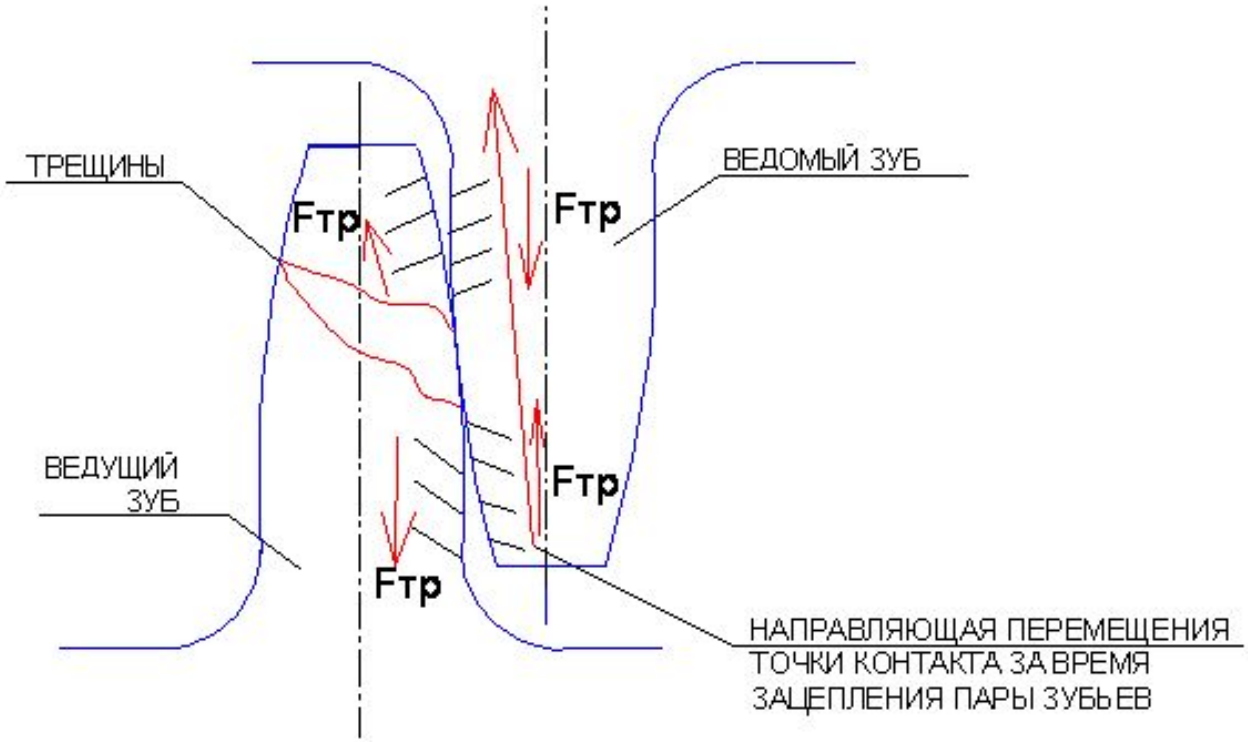
При высокой удельной нагрузке происходит разрыв масляной пленки, нагрев и схватывание сопряженных поверхностей с образованием микротрещин и следов задира в направлении скольжения зубьев

Виды разрушения зубчатых колес

Поломка зубьев



Износ зубьев

проскальзывание

Выкрашивание рабочих поверхностей зубьев