

Лекція 15

Тема: Поліпшення (корекція, виправлення) евольвентного зачеплення

Зміст:

1. Мета корекції евольвентного зачеплення. Види корекції.
2. Нарізування евольвентних коліс зі зсувом.
3. Мінімально необхідний зсув.
4. Параметри евольвентного зачеплення зі зсувом.
5. Контрольні запитання

1. Мета корекції евольвентного зачеплення. Види корекції

Поліпшенням евольвентного зачеплення називається навмисний відступ від стандартних значень параметрів ($h_a^* = 1,0$; $\alpha = 20^0$; $c^* = 0,25$), із метою оптимізації показників роботи зубчастих коліс (таких наприклад, як підвищення згинної і контактної міцності зубців, зниження коефіцієнта питомого сковзання в самому уразливому місці - на ніжках зубців шестерні, збільшення коефіцієнта перекриття, вписування в стандартну міжосьову відстань без зміни чисел зубців і модуля коліс, зміна передаточного відношення без зміни міжосьової відстані і модуля коліс, усунення загострення зубців, усунення підрізу зубців та ін.).

Покажемо виправлення евольвентного зачеплення на прикладі усунення підрізу зубців при числі зубців колеса $z < z_{min} = 17$.

Як було показано вище, задачу усунення підрізу можна вирішити шляхом застосування зубонарізного інструмента з $h_a^* < 1,0$ або з $\alpha > 20^0$.

Можна, наприклад, застосувати застарілий 28^0 -ний інструмент, або стандартний сучасний інструмент з укороченими зубцями.

Раніше ці дії іменували кутовою або висотною корекцією евольвентного зачеплення.

В даний час ці види коригування евольвентних зубчастих коліс практично рідко застосовуються.

Виявляється можна домогтися того ж ефекту, використовуючи нарізування коліс стандартним інструментом зі зсувом.

2. Нарізування евольвентних коліс зі зсувом

Розглянемо задачу усунення підрізу евольвентного профілю зуба коле-

са з $z < 17$ (рис. 4.22) шляхом зсуву стандартного зубонарізного інструмента, який має виробляючий початковий контур.

Відсунемо (зсунемо) рейку з вихідним виробляючим контуром від заготовки (тобто в позитивний або додатний бік) на мінімально необхідну для усунення підрізу зубців відстань абсолютного зсуву

$$X_{min} = x_{min} \cdot m,$$

із тим щоб точка A перетинання лінії зачеплення з лінією вершини зубців рейки (без урахування заштрихованої частини вершин зубців рейки) перемістилася до збігу з точкою N_I початку теоретичної ділянки лінії зачеплення.

3. Мінімально необхідний зсув

У новому положенні рейка показана пунктирною лінією.

Зауважимо, що при цьому шаг зубців рейки $p = \pi \cdot m$ не змінився, а кут α верстатного зачеплення як був рівним $\alpha = 20^\circ$, таким і залишився.

Зуб колеса, звичайно, виявиться від недорізу товщим, а западина між зубами - вузкою.

Наскільки? - Визначимо це нижче (див. формули (4.33) і (4.34)).

З рис. 4.22 слідує:

$$X_{min} = x_{min} \cdot m = h_a^* \cdot m - ПК;$$

$$ПК = N_I \Pi \cdot \sin \alpha;$$

$$N_I \Pi = ОП \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} m \cdot z \cdot \sin \alpha$$

Вирішимо останні три рівняння відносно x_{min} .

З урахуванням формули (4.30) одержимо

$$x_{min} = h_a^* \left(1 - \frac{z \cdot \sin^2 \alpha}{2h_a^*} \right) = h_a^* \left(1 - \frac{z}{z_{min}} \right). \quad (4.31)$$

При значеннях $h_a^* = 1,0$ і $z_{min} = 17$

$$x_{min} = 1 - \frac{z}{17}. \quad (4.32)$$

Безрозмірна величина x називається коефіцієнтом зсуву, а

$$X = x \cdot m \text{ (мм)}$$

називається абсолютним зсувом інструмента.

Знайдена залежність (4.32) дозволяє визначити мінімально необхідний коефіцієнт зсуву x_{min} для недопущення підрізу евольвентного профілю зубця колеса з $z < 17$.

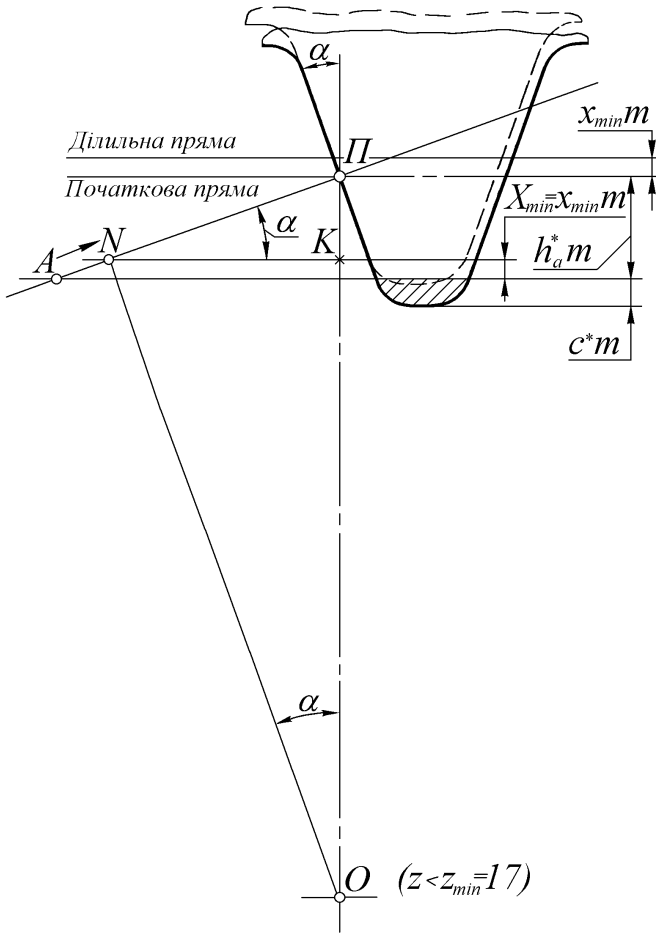


Рис. 4.22. До визначення мінімально необхідного зсуву для усунення підрізу евольвентних зубців

Для рішення інших задач поліпшення евольвентного зачеплення можна вибирати (або розраховувати) коефіцієнт зсуву $x \geq x_{min}$.

Зсув із коефіцієнтом менше ніж x_{min} не усуває підріз зубців, що недопустимо.

Знайдемо товщину зуба s і ширину западини e колеса, нарізаного зі зсувом $X = x \cdot m$ (рис. 4.23).

Тому що при нарізуванні колеса його ділильна окружність (д. о.) буде

перекочуватись без прослизання по початковій прямій (п. п.) рейки, яка відстоїть від ділильної прямої (д. п.) на відстані $X = x \cdot m$, то розміри відрізків початкової прямої (п. п.) перейдуть незмінними на ділильну окружність (д. о.) колеса.

З рисунка 4.23 слідує, що товщина зуба s і ширина западини e колеса будуть відповідно рівні:

$$s = \frac{\pi \cdot m}{2} + 2\Delta; \quad e = \frac{\pi \cdot m}{2} - 2\Delta.$$

Відрізок Δ знайдемо з заштрихованого прямокутного трикутника з катетами Δ і X та гострим кутом α :

$$\Delta = X \cdot \operatorname{tg} \alpha = x \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{Тоді} \quad s = \frac{\pi \cdot m}{2} + 2xmtg \alpha; \quad (4.33)$$

$$e = \frac{\pi \cdot m}{2} - 2xmtg \alpha. \quad (4.34)$$

Відзначимо, що при додатному зсуві зубець товщає по ділильній окружності на величину $2xmtg \alpha$, а западина - стає на стільки ж вужчою.

При від'ємному зсуві усе відбувається навпаки: зуб стає тоншим, а западина - ширшою.

Колесо, нарізане з додатним зсувом, називається додатним.

Колесо, нарізане з від'ємним зсувом, називається від'ємним.

Колесо, нарізане без зсуву, називається нульовим.

У залежності від того, які колеса і з якими величинами зсуву входять у зачеплення, розрізняють: додатне, від'ємне, рівнозміщене і нульове зачеплення.

Введемо поняття сумарного коефіцієнта зсуву

$$x_{\Sigma} = x_1 + x_2. \quad (4.35)$$

Якщо $x_{\Sigma} > 0$, то тоді зачеплення називається додатним.

При цьому можливі різні комбінації величин і знаків x_1 і x_2 :

$$1) x_1 > 0, x_2 > 0;$$

$$2) x_1 > 0, x_2 = 0;$$

$$3) x_1 > 0, x_2 < 0, \text{ але } |x_1| > |x_2|.$$

Можна було б набрати ще дві комбінації x_1 і x_2 ($x_1=0$; $x_2>0$ або $x_1<0$; $x_2>0$, але $|x_1|<|x_2|$), проте такі комбінації на практиці не застосовуються.

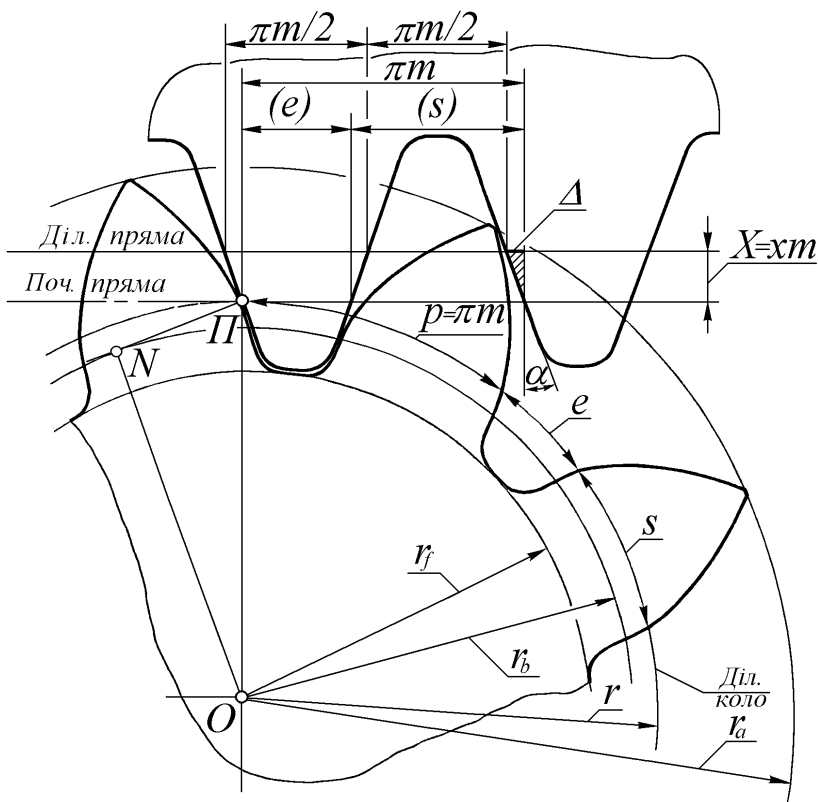


Рис. 4.23. До визначення товщини зуба s і ширини впадини e колеса, нарізаного зі зсувом

При додатному зацепленні сумарна товщина зубців

$$s_1 + s_2 > p = \pi m,$$

тому колеса встановлюються на монтажній міжосьовій відстані a_w , яка перевищує ділильну міжосьову відстань a (4.24):

$$a_w > a = \frac{1}{2} m (z_1 + z_2),$$

а монтажний кут зацеплення α_w виявляється при цьому більшим від профільного кута початкового контуру α :

$$\alpha_w > \alpha = 20^\circ.$$

Ділильні окружності при цьому розходяться одна від одної (між ними з'являється зазор) і вже не можуть відігравати роль початкових окружностей,

як при нульовому зачепленні (див. рис. 4.6).

При від'ємному зачепленні спостерігається зворотна картина, тобто:

$$s_1 + s_2 < p = \pi m;$$

$$a_w < a;$$

$$\alpha_w < \alpha.$$

Якби при від'ємному зачепленні виконати $a_w = a$, то тоді б було $\alpha_w = \alpha$ але між зубцями виник би бічний зазор, що призвело б до бічних ударів зубців при реверсі навантаження. До того ж при цьому зменшився б коефіцієнт перекриття ε . Тому так не роблять.

Рівнозміщене зачеплення характеризується сполученням коефіцієнтів зсуву коліс

$$x_2 = -x_1,$$

тобто: $x_1 > 0; x_2 < 0$ і $|x_1| = |x_2|$.

При цьому $x_\Sigma = 0$, а сума ділительних товщин зубців

$$s_1 + s_2 = p = \pi m.$$

Тому при рівнозміщеному зачепленні

$$a_w = a;$$

$$\alpha_w = \alpha,$$

а роль початкових окружностей грають ділительні окружності.

Через частий збіг ділительних і початкових окружностей студенти іноді не бачать різниці між ними, тому ще раз пояснимо різницю між цими дуже важливими термінами.

Початкові окружності - це такі уявлювані окружності, які при роботі зачеплення котяться одна по одній без прослизання. Вони завжди дотикаються одна одній в одній точці - у полюсі зачеплення Π .

Не можна, наприклад, говорити про початкову окружність окремо взятого колеса. Поки немає зачеплення - немає і початкових окружностей.

Ділительна окружність - це така уявлювана окружність окремо взятого колеса, яка була початковою окружністю в верстатному зачепленні.

На цю окружність перейшли при нарізуванні колеса параметри початкового контуру - шаг зубців $p = \pi m$ і профільний кут зачеплення α (він же - монтажний кут верстатного зачеплення).

Тому можливе і таке її визначення:

ділительна окружність - це окружність із діаметром $d = mz$ і профільним кутом евольвенти на ній, рівним профільному кутові початкового контуру α

Одного: $d = mz$ - недостатньо, тому що можна невірно визначити цю окружність колеса, особливо при малих числах зубців, коли по висоті зубця може бути проведено декілька можливих ділительних окружностей при різних

значеннях модуля m .

Ділильна окружність (як паспорт окремо узятого колеса) - завжди з ним - у зачепленні або без нього.

Причому ділильна окружність - залишається тією самою при нарізуванні колеса з нульовим, додатним або від'ємним зсувом.

Разом із незмінною ділильною окружністю в колеса завжди залишається незмінною й основна окружність, діаметр котрої

$$d_b = d \cdot \cos \alpha = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha$$

Звідси слідує дуже важливий висновок: при нарізуванні колеса зі зсувом не змінюється форма евольвенти, тому що її еволюта - основна окружність - незмінна.

На рис. 4.24 показані накладеними один на одного по евольвентному профілю зубці додатного - (1), нульового - (2) і від'ємного - (3) коліс.

Очевидно, що додатний зуб має більш міцну форму, ніж нульовий. Від'ємний же зуб у порівнянні з нульовим зубом, навпаки, - ослаблений.

Відомо, що чим менше число зубців колеса, тим у його зубців менш міцна форма.

Тому, застосовуючи, наприклад, рівнозміщене зачеплення, можна значно підсилити менш міцний зуб шестерні за рахунок незначного ослаблення більш міцного зуба більшого колеса.

Вирівнюючи в такий спосіб міцність зубців шестерні і колеса, можна домогтися збільшення навантажувальної спроможності зачеплення пари коліс.

В даний час практично всі зубчасті колеса силових передач нарізуються зі зсувом. Причому за рахунок цього поліпшується не тільки згинна міцність, обумовлена в першу чергу формою зубців, але і контактна міцність зачеплення, тому що удається ввести в роботу більш віддалені від основної окружності ділянки евольвенти, які мають меншу кривизну.

Зауважимо також, що товщина зубця по окружності вершин s_a (так звана ширина стрічки зуба) при додатному зсуві зменшується, що служить одним з обмежувачів при виборі величини коефіцієнта додатного зсуву зубчастого колеса.

Практикою встановлено, що в незагартованих зубців повинно бути

$$s_a \geq 0,25 m.$$

У загартованих зубців стрічка зуба повинна бути ширше -

$$s_a \geq 0,4 m.$$

Приведені обмеження називаються умовою незагострення зубців.

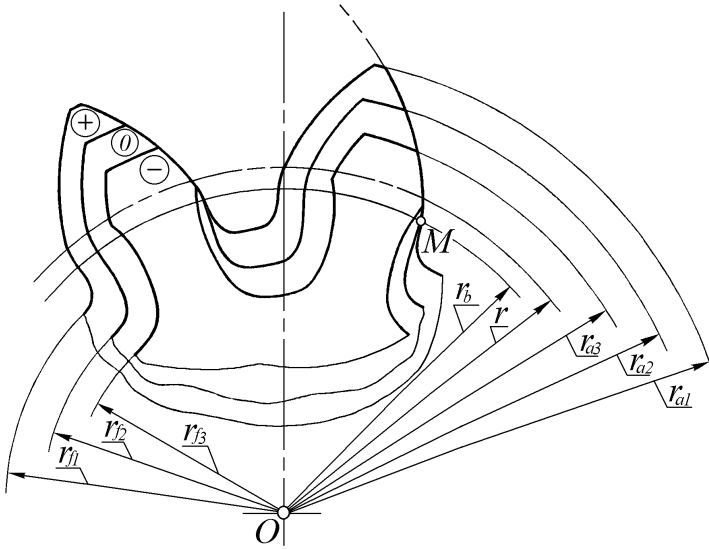


Рис. 4.24. Співміщені форми зубців: додатного (1), нульового (2) і від'ємного (3) евольвентних коліс

4. Параметри евольвентного зачеплення зі зсувом

Для розрахунку різних параметрів окремих зубчастих коліс і зачеплень пар коліс, виготовлених із зсувом, необхідно крім параметрів початкового контуру використовувати рівняння евольвенти (4.5) і (4.6).

Спочатку визначимо у загальному вигляді товщину зуба s_Y (s_a , s_b і т. д.) по окружності заданого радіуса r_Y (r_a , r_b і т. д.) евольвентного зубчастого колеса з відомими: товщиною зуба s по ділильній окружності радіуса r із профільним кутом α .

Зобразимо схематичний рисунок евольвентного колеса з зубом, що має вертикальну вісь симетрії (рис. 4.25).

Додатково до величин, зазначених в умові задачі, позначимо: α_Y - профільний кут евольвенти на окружності деякого відомого довільного радіуса r_Y ; α_a - профільний кут евольвенти на окружності вершин зубців радіуса r_a ; φ - центральний кут, що стягається дугою $s/2$; φ_Y - центральний кут, що стягається дугою $s_Y/2$; θ - кут (у радіанах), рівний значенню $inv\alpha$; θ_Y - кут (у радіанах), рівний значенню $inv\alpha_Y$.

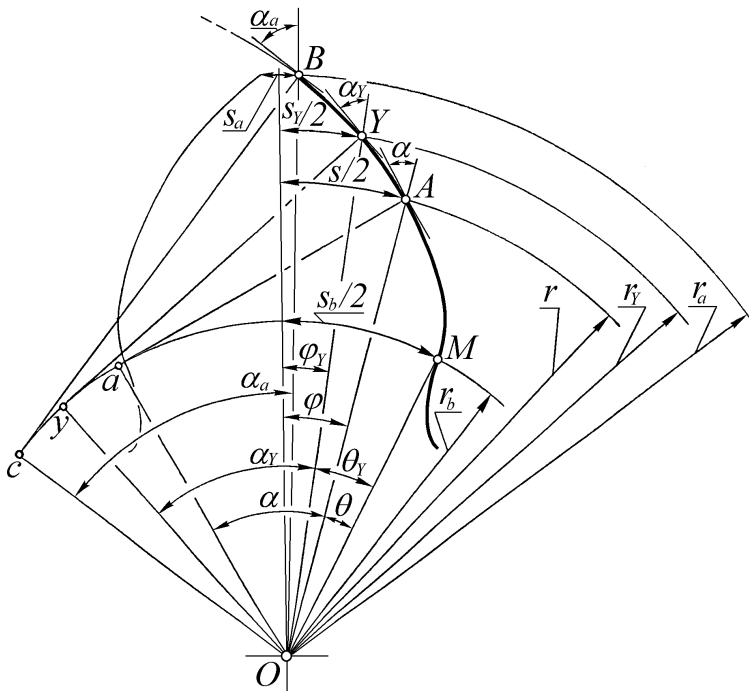


Рис. 4.25. До визначення товщини зуба s_Y по окружності заданого радіуса r_Y

З рисунка слідує рівність

$$\varphi_Y + \theta_Y = \varphi + \theta.$$

Тому що

$$s_Y/2 = \varphi_Y \cdot r; \quad s/2 = \varphi \cdot r;$$

$$\theta_Y = \text{inv} \alpha_Y; \quad \theta = \text{inv} \alpha,$$

одержимо

$$\frac{s_Y}{2r_Y} + \text{inv} \alpha_Y = \frac{s}{2r} + \text{inv} \alpha.$$

Звідси
$$s_Y = 2r_Y \left(\frac{s}{2r} + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_Y \right)$$

або
$$s_Y = d_Y \left(\frac{s}{d} + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_Y \right). \quad (4.36)$$

По формулі (4.36) можна обчислити товщину евольвентного зуба по

будь-якій окружності, починаючи з основної і закінчуючи окружністю вершин зубців, а також, наприклад, знайти окружність, по якій буде $s_a=0$ (повне загострення зуба).

За умовою задачі не заданий кут α_Y , але його можна обчислити відповідно до рівняння (4.5) по формулі

$$\alpha_Y = \arccos(r_b/r_Y). \quad (4.37)$$

З рис. 4.25 також очевидно, що

$$Oy/OY = r_b/r_Y = \cos \alpha_Y.$$

По окружності вершин зубців

$$s_a = d_a \left(\frac{s}{d} + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_a \right), \quad (4.38)$$

$$\text{де } \alpha_a = \arccos(r_b/r_a).$$

По основній окружності

$$s_b = d_b \left(\frac{s}{d} + \text{inv} \alpha \right), \quad (4.39)$$

тому що $\alpha_b=0$ і $\text{inv} \alpha_b = \text{tg} \alpha_b - \alpha_b = 0 - 0 = 0$.

5 Синтез щільного евольвентного зачеплення зі зсувом

Визначимо у загальному вигляді монтажну міжосьову відстань a_w евольвентного зачеплення, нарізаного зі зсувом. Будемо вважати відомими: монтажний кут зачеплення α_w , модуль зачеплення коліс m , числа зубців коліс Z_1 і Z_2 , профільний кут початкового контуру α .

Накреслимо схему зачеплення в припущенні $\alpha_w > \alpha$ (рис. 4.26).

На рисунку позначено:

r_{w1} - радіус початкової окружності колеса 1;

r_{w2} - радіус початкової окружності колеса 2;

r_1 - радіус ділильної окружності колеса 1;

r_2 - радіус ділильної окружності колеса 2;

N_1N_2 - теоретична ділянка лінії зачеплення;

r_{b1} - радіус основної окружності колеса 1;

r_{b2} - радіус основної окружності колеса 2;

З рисунка і рівняння евольвенти (4.5) слідує, що

$$a_w = r_{w1} + r_{w2};$$

$$r_{w1} = r_{b1} / \cos \alpha_w;$$

$$r_{w2} = r_{b2} / \cos \alpha_w.$$

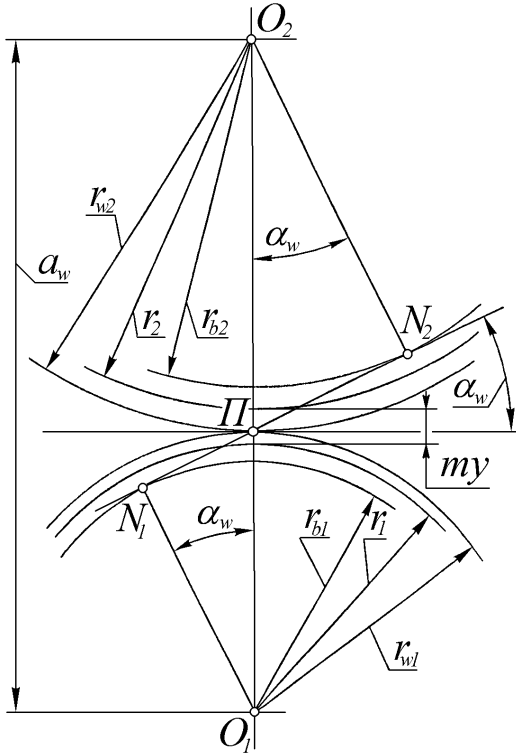


Рис. 4.26. До визначення монтажної міжосьової відстані a_w

З урахуванням:

$$r_{b1} = r_1 \cdot \cos \alpha;$$

$$r_1 = \frac{1}{2} m z_1;$$

$$r_{b2} = r_2 \cdot \cos \alpha;$$

$$r_2 = \frac{1}{2} m z_2,$$

одержимо:

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \cos \alpha_w} = a \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w}. \quad (4.40)$$

Тепер визначимо у загальному вигляді монтажний кут щільного (без

бічних зазорів) зачеплення α_w коліс 1 і 2, нарізаних із коефіцієнтами зсуву x_1 і x_2 , якщо відомі числа зубців z_1 і z_2 , а також профільний кут початкового контуру α .

При загальних міркуваннях умовно будемо виходити з припущення, що $x_1 > 0$ і $x_2 > 0$.

При цьому по ділительних окружностях одержимо відповідно до формули (4.33) потовщені зубці з товщинами

$$s_1 = \frac{\pi \cdot m}{2} + 2x_1 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

$$s_2 = \frac{\pi \cdot m}{2} + 2x_2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Накреслимо додатні колеса в щільному зачепленні без бічних зазорів між зубцями, що зачіпаються (рис. 4.27).

При цьому ділительні окружності радіусів r_1 і r_2 будуть дещо розсунуті від полюси P , а початкові окружності радіусів r_{w1} і r_{w2} будуть дотикатися в полюсі P зачеплення.

Зачеплення буде щільним лише в тому випадку, якщо по початкових окружностях ширини западин e_{w1} і e_{w2} коліс 1 і 2 будуть заповнюватися цілком товщинами зубців s_{w2} і s_{w1} протилежних коліс (2 і 1), тобто

$$p_{w1} = s_{w1} + e_{w1} = s_{w1} + s_{w2}; \quad e_{w1} = s_{w2}.$$

Відповідно

$$p_{w2} = s_{w2} + e_{w2} = s_{w2} + s_{w1}; \quad e_{w2} = s_{w1}.$$

Очевидно, що має місце рівність

$$p_{w1} = p_{w2} = p_w = s_{w1} + s_{w2}, \quad (4.41)$$

яку можна назвати умовою щільності зачеплення.

Справді, тому що початкові окружності котяться одна по одній без прослизання, шаг зубців кожного з коліс буде заповнюватися товщинами зустрічних зубців і для бічного зазору не залишиться місця.

Відповідно до формули (4.36)

$$s_{w1} = 2r_{w1}(s_1/2r_1 + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_w);$$

$$s_{w2} = 2r_{w2}(s_2/2r_2 + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_w).$$

С урахуванням

$$2r_1 = mz_1; \quad 2r_2 = mz_2; \quad 2r_{w1} = p_w \cdot z_1 / \pi; \quad 2r_{w2} = p_w \cdot z_2 / \pi;$$

$$s_1 = \frac{\pi \cdot m}{2} + 2x_1 m \operatorname{tg} \alpha; \quad s_2 = \frac{\pi \cdot m}{2} + 2x_2 m \operatorname{tg} \alpha,$$

вирішимо рівняння (4.41) відносно $\operatorname{inv} \alpha_w$.

Підставивши всі проміжні вирази у формулу (4.41) і скоротивши p_w , m і π , одержимо:

$$\text{inv} \alpha_w = \text{inv} \alpha + 2 \text{tg} \alpha \cdot \frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2}. \quad (4.42)$$

Значення α_w знайдемо по таблиці 4.1 (стор.125).

Далі визначимо коефіцієнти зрівняльного ΔY і сприймального у зсувів щільного зачеплення коліс 1 і 2, нарізаних зі зсувом. Відомими будемо вважати: числа зубців коліс z_1 і z_2 , коефіцієнти зсуву x_1 і x_2 , монтажний кут зачеплення α_w і профільний кут α початкового контуру.

Сприймальним зсувом $Y = y \cdot m$ називається різниця між монтажною і ділильною міжосьовими відстанями

$$Y = a_w - a.$$

Зрівняльним зсувом $\Delta Y = \Delta y \cdot m$ називається різниця між сумарним і сприймальним зсувами

$$\Delta Y = X_\Sigma - Y.$$

Як слідує з визначення Y , можна записати

$$a_w = a + Y = a + ym. \quad (4.43)$$

Звідси іде

$$y = \frac{a_w - a}{m}. \quad (4.44)$$

Монтажну міжосьову відстань a_w знайдемо по формулі (4.40)

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \cos \alpha_w}.$$

Ділильну міжосьову відстань визначимо по формулі (4.18)

$$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}.$$

Після підстановки останніх двох виразів у формулу (4.44) для визначення коефіцієнта сприймального зсуву y одержимо

$$y = \frac{a_w - a}{m} = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} - 1 \right). \quad (4.45)$$

Зауважимо додатково, що сприймальний абсолютний зсув $Y = y \cdot m$ означає прибавку до ділильної міжосьової відстані через потовщення зубців коліс 1 і 2, при нарізуванні їх із додатним зсувом, що і показано на рис. 4.26.

З визначення ΔY також слідує

$$X_\Sigma = x_\Sigma m = (y + \Delta y)m, \quad (4.46)$$

де

$$x_\Sigma = x_1 + x_2.$$

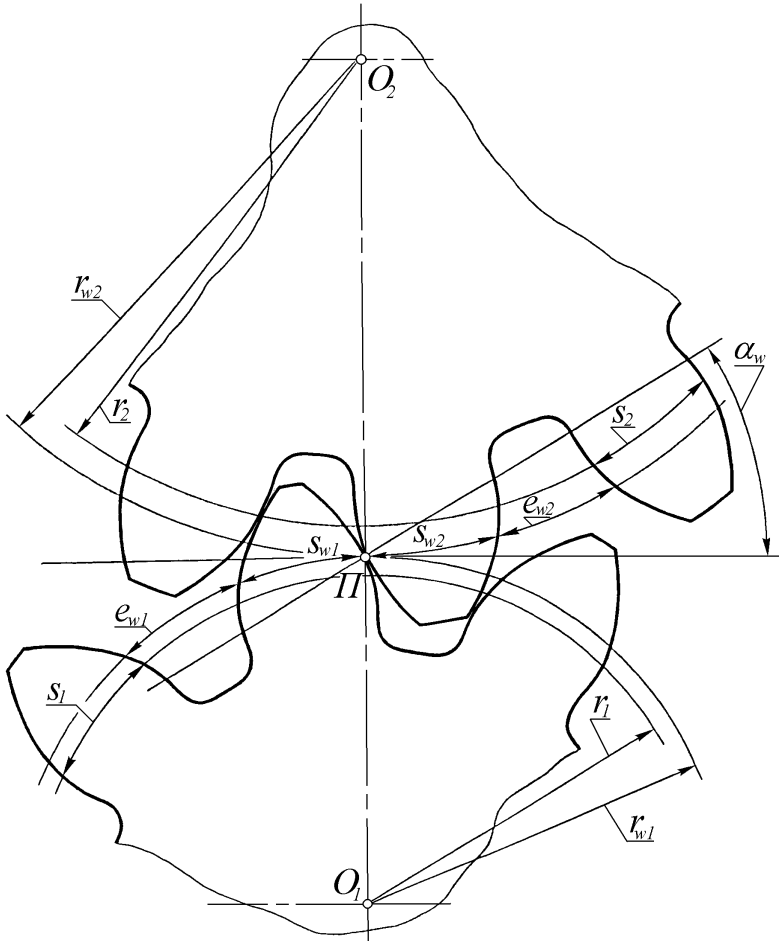


Рис. 4.27. Щільне (без бічних зазорів між зубцями) евольвентне зачеплення зі зміщенням

Тоді коефіцієнт зрівняльного зсуву Δy можна визначити по формулі

$$\Delta y = x_{\Sigma} - y = (x_1 + x_2) - \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} - 1 \right). \quad (4.47)$$

Фізичний зміст зрівняльного зсуву

$$\Delta Y = \Delta y \cdot m \quad (4.48)$$

полягає в наступному.

Якщо нарізані з додатним зсувом колеса 1 і 2 розсунути понад ділиль-

ну міжосьову відстань a на величину сумарного абсолютного зсуву X_{Σ} , і при цьому буде

$$a_w^1 = a + (x_1 + x_2) m, \quad (4.49)$$

тоді в зачепленні буде спостерігатися великий бічний зазор між зубцями, що недопустимо.

Для усунення бічного зазору між зубцями колеса треба зблизити від міжосьової відстані a_w^1 , обчисленої по формулі (4.49), до монтажної міжосьової відстані a_w , обчисленої по формулі (4.40), на величину

$$a_w^1 - a_w = (a + x_{\Sigma} m) - (a + m y) = x_{\Sigma} m - m y = m \cdot \Delta y,$$

тобто на величину зрівняльного зсуву $\Delta V = m \cdot \Delta y$.

Визначимо в загальному вигляді радіуси r_{a1} і r_{a2} окружностей вершин зубців коліс 1 і 2, нарізаних зі зсувом і змонтованих у щільне зачеплення з радіальним зазором $c = c^* m$, якщо заданий модуль зачеплення m , монтажний кут зачеплення α_w , профільний кут початкового контуру α , числа зубців коліс z_1 і z_2 , коефіцієнти зсуву x_1 і x_2 , коефіцієнт радіального зазору c^* , коефіцієнт висоти голівок зубців h_a^* .

Для цього здійснимо наступні дії.

1. Виконаємо схематичне креслення щільного зачеплення зі зсувом (рис. 4.28).

2. Обчислимо радіуси окружностей западин зубців, які визначаються відносним положенням інструментального колеса і заготовки в процесі нарізування кожного окремо взятого колеса 1 і 2.

За основу візьмемо формулу (4.18), записану для діаметрів окружностей западин нульового колеса, і додамо в ній для кожного з коліс подвоєні абсолютні зсуви інструмента

$$X_1 = x_1 m \quad \text{і} \quad X_2 = x_2 m,$$

тоді одержимо:

$$\begin{aligned} r_{f1} &= \frac{1}{2} m (z_1 - 2 h_f^* + 2 x_1); \\ r_{f2} &= \frac{1}{2} m (z_2 - 2 h_f^* + 2 x_2). \end{aligned} \quad (4.50)$$

3. Обчислимо монтажну міжосьову відстань a_w щільного зачеплення коліс 1 і 2 по формулі (4.40): $a_w = \frac{m(z_1 + z_2) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \cos \alpha_w}$.

4. Знайдемо з рисунка 4.28 з урахуванням (4.40) і (4.50) формули для обчислення радіусів вершин зубців, при дотриманні яких у щільному зачепленні зі зсувом будуть забезпечені задані радіальні зазори $c = c^* m$:

$$\begin{aligned} r_{a1} &= a_w - r_{f2} - c^* m; \\ r_{a2} &= a_w - r_{f1} - c^* m. \end{aligned} \quad (4.51)$$

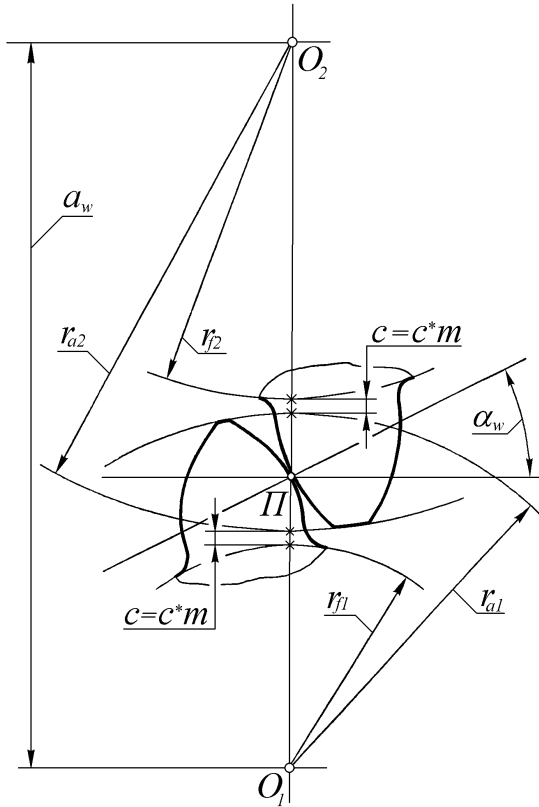


Рис. 4.28. До визначення радіусів вершин зубців коліс, нарізаних зі зсувом

Відзначимо, що знайдені радіуси вершин зубців коліс 1 і 2 виявляться при цьому меншими, ніж якби їх підраховали тільки з урахуванням зсуву інструмента в верстатному зачепленні по формулах $r_{a1} = r_1 + h_a^* m + x_1 m$;

$$r_{a2} = r_2 + h_a^* m + x_2 m, \quad (4.52)$$

тобто загальна висота зубців коліс 1 і 2 із радіусами вершин, виконаними відповідно до формул (4.51), буде меншою, ніж у нульових коліс.

Очевидно, що це веде до зменшення коефіцієнта перекриття зачеплення ε .

Якщо ж коефіцієнт перекриття виявиться меншим допустимого ($\varepsilon = 1, 1$), тоді слід зменшити коефіцієнт радіального зазору c^* .

Усі, взяті разом, перераховані вище поняття пояснюють, чому циліндричне прямозубе евольвентне колесо не може мати $z < 8$. При $z = 8$ усі можливості методу нарізування евольвентних коліс зі зсувом стандартного ріжучого інструмента практично вичерпуються.

5. Контрольні запитання

1. Як можна поліпшити (виправити, скорегувати) евольвентне зачеплення?
2. Здійсніть визначення мінімально необхідного зсуву для усунення підрізу зубців.
3. Як визначити ділильну товщину зуба і ділильну ширину западини зубчастого евольвентного колеса, нарізаного зі зсувом?
4. Які колеса і які зачеплення коліс називаються нульовими, додатними, від'ємними?
5. Що таке ділильна окружність евольвентного зубчастого колеса? Як визначити її діаметр? Чому дорівнює профільний кут евольвенти на ділильній окружності?
6. Що таке основна окружність евольвентного колеса? Як визначити її діаметр? Чому дорівнює профільний кут евольвенти на основній окружності?
7. Як змінюється форма евольвентного зуба при його нарізуванні зі зсувом?
8. Запишіть рівняння евольвенти в полярних координатах у параметричній формі?
9. Як визначити товщину евольвентного зуба по окружності довільного радіуса?
10. Як визначити монтажний кут щільного евольвентного зачеплення, нарізаного зі зсувом?
11. Як визначити монтажну міжосьову відстань щільного евольвентного зачеплення, нарізаного зі зсувом?
12. Як визначаються радіуси окружностей вершин зубців щільного евольвентного зачеплення зі зсувом?
13. Що таке коефіцієнт зрівняльного зсуву і коефіцієнт сприймального зсуву?