

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ЕВОЛЬВЕНТИ МЕТОДОМ ОБКАТУ

*М. М. Коротун, канд. техн. наук, доцент;
Р. Ю. Вязовий, студент,
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова 2, м. Суми, Україна,
E-mail: zenker91@mail.ru*

Наведено імітаційну та аналітичну моделі відтворення евольвенти методом обкату. Показано параметри, які залежать від зміщення профілю формоутворюючої рейки та не залежать від модулю та числа зубів колеса.

***Ключові слова:** зубошліфування, обкат, центроїдне огинання, імітаційна модель, аналітична модель, евольвента, інструментальна рейка, зміщення круга.*

ВСТУП

Точність і якість робочих поверхонь зубів є пріоритетними для зубчастого колеса і повинні бути гарантовано досягнуті при прийнятній продуктивності і собівартості. Одним із недостатньо розглянутих процесів є вплив геометрії формоутворюючої рейки [1] та її розміщення на точність виготовлення коліс, що є актуальною виробничою проблемою.

Наукова новизна полягає у визначенні впливу радіального врізання та зміщення шліфувального круга в напрямку осі на зміну евольвентного профілю, який залежить від зношування круга як під час експлуатації, так і під час правки (зміщення інструментальної рейки) з метою попередження браку через нерівномірне зрізання припуску.

Практична цінність роботи полягає у методиці порівняння профілів коліс, які формоутворенні заданими рейками, що дозволяє робити висновок про точність коліс (рейкового, або будь якого інструменту, що працює за методом обкату).

Мета та задачі роботи. Метою роботи є визначення залежності зміни евольвентного профілю від величини радіального врізання та зміщення круга у зв'язку із його правкою та зношуванням. Задача роботи - виявлення впливу показників радіального врізання шліфувального круга та його зміщення на точність відтворення евольвенти, а також перевірка їх на імітаційній та аналітичній моделі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У ході роботи було проведено дослідження на двох моделях – імітаційній та аналітичній. Для проведення віртуального експерименту на **імітаційній моделі** скористалися програмою Unigraphics NX 8 [2]. Модель для експерименту побудували на основі визначення методу центроїдного огинання. У такій моделі моделюється кочення центроїди рейки за центроїдою оброблюваного колеса, а профіль зуба утворюється як результат послідовних інтерференцій рейки із колесом [3].

Кількість інтерференцій можна задавати у програмі як кількість кроків. Для проведення експерименту необхідно задавати лише лінійну швидкість v та кутову швидкість ω . Якщо припустити, що рейка рухається зі швидкістю $v = \pi D$ мм/с, то рейці доведеться зробити 1 оберт навколо колеса, тобто повернутися на 360° за ту ж саму одиницю часу, за яку вона пройшла відстань πD (довжину центроїди). Відповідно до цього можна встановити таке співвідношення між цими величинами, що задаються для проведення досліду:

$$\frac{v}{\omega} = \frac{\pi D}{360}, \quad (1)$$

де D – діаметр центроїди оброблюваного колеса.

При чому, як видно із (1):

$$v = \frac{\pi D \omega}{360}. \quad (2)$$

Швидкість v розраховується за формулою (2).

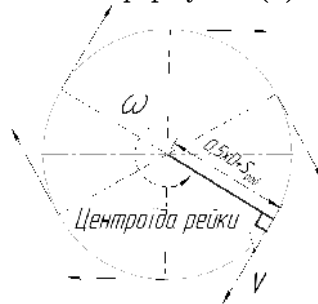


Рисунок 1 – Схема задання величин v , $S_{рад}$ та ω

Величина $S_{рад}$ задається як збільшення відстані від центроїди рейки до осі колеса.

У [4] наведено **аналітичну модель** для розрахунку профілю деталі за заданою інструментальною рейкою. Дана задача розглядається як геометрична задача просторового спряження гвинтової поверхні зубчастої деталі.

Основні параметри розрахунку профілю зуба зведено в таблицю 1.

Таблиця 1 – Розрахункові залежності для визначення профілю зубчатого колеса

Додаткові параметри	$tg(\tau) = \frac{tg(\alpha_r)}{\sin(\varepsilon_r)}$
	$tg(\mu) = \frac{x_r}{tg(\tau)(r_n + x_r)}$
	$\phi = \frac{\frac{x_r}{tg(\tau)} + \frac{z_r}{\sin(\varepsilon_r)}}{r_n}$
Профіль колеса	
Радіус вектор у полярних координатах	$r = \frac{r_n + x_r}{\cos(\mu)}$
Полярний кут	$\delta = \mu - \phi + \psi$
Кут тиску	$\xi = \tau - \mu$

Для того, щоб визначити профіль колеса необхідно задати профіль рейки.

Нехай профіль рейки задано довільною функцією $x = f(z)$.

Тоді координати контуру рейки праворуч:

$$\begin{bmatrix} z_x \\ z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z \cos(90 - \alpha) - f(z) \sin(90 - \alpha) + 0.5S_r \\ z \sin(90 - \alpha) + f(z) \cos(90 - \alpha) - X \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де X – зміщення;

S_r – ширина западини рейки;
 α – кут профілю рейки.
 Координати контуру рейки ліворуч:

$$\begin{bmatrix} z_n \\ z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z \cos(90 + \alpha) - f(z) \sin(90 + \alpha) - 0,5S_r \\ z \sin(90 + \alpha) + f(z) \cos(90 + \alpha) - X \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Якщо профіль рейки – пряма лінія, то можна значно спростити запропоновану математичну модель. Можна виконати дії, аналогічні рівнянням (3) та (4) значно простіше, задавши 2 прямих як $z=f(x)$.

Праворуч:

$$z_n = (x - X) \tan(\alpha) + 0,5S_r, \quad x \in [h_p', h_p''] \quad (5)$$

Ліворуч:

$$z_n = (x - X) \tan(-\alpha) - 0,5S_r, \quad x \in [h_p', h_p''] \quad (6)$$

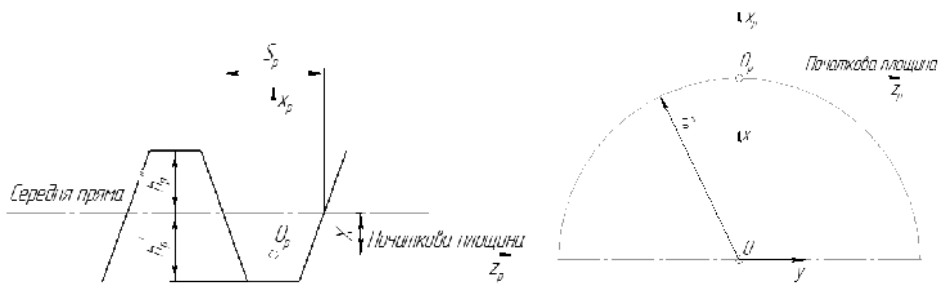


Рисунок 2 – Прийнята система координат рейки та деталі відносно рейки
 S_p – ширина западини рейки; h_p', h_p'' – висоти рейки від середньої прямої

Наглядно вихідні дані показані на рис.3.

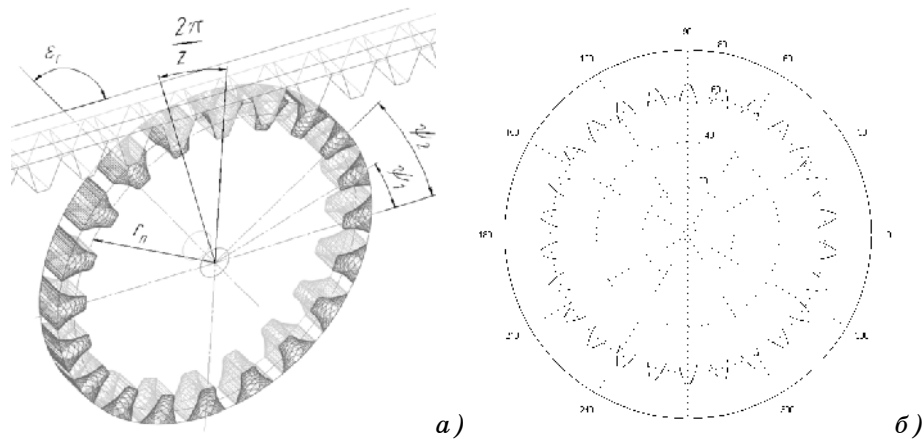


Рисунок 3 – а) вихідні дані, б) отримане колесо

де ψ – кут повороту координатної системи деталі до координатної системи рейки, $\psi \in [0, \frac{2\pi}{z}, \dots, 2\pi - \frac{2\pi}{z}]$, r_n – початковий радіус, ϵ_r – кут нахилу рейки до осі деталі

Результати отримано за допомогою програми MATLAB [5].

Порівняння множин А та В можна виконувати порівнюючи відстань між точками у полярних координатах (7):

$$AB = \sqrt{r_A^2 + r_B^2 - 2r_A r_B \cos(\phi_B - \phi_A)}, \quad (7)$$

де r_A, r_B – радіус-вектори множин А та В,

φ_A, φ_B – полярні кути множин А та В.

В якості множин А та В приймаю відповідні точки профілю на точній та зміненій евольвенті.

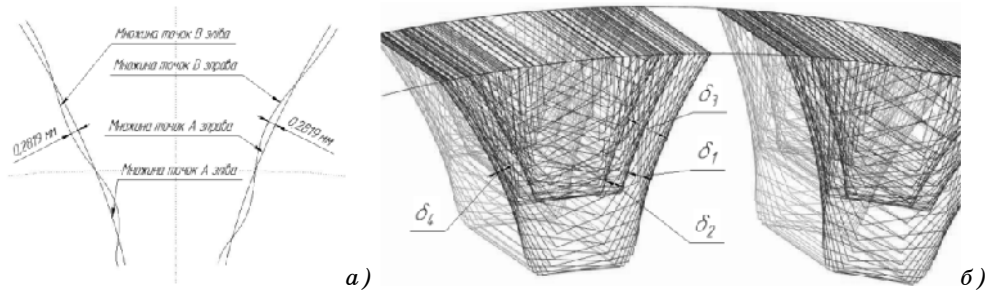


Рисунок 4 – а) приклад порівняння множин А та В, б) досліджувані параметри

Перевірка на адекватність моделей виконувалася порівнянням результатів, отриманих з їх допомогою, а також із елементарних геометричних міркувань.

Із елементарних геометричних міркувань

$$\delta_1 = (S_{rad} + x) \cdot \sin(\alpha), \quad (8)$$

$$\delta_2 = l_{зм} \cdot \sin(90 - \alpha), \quad (9)$$

$$\delta_3 = (S_{rad} + x) \cdot \sin(\alpha) + l_{зм} \cdot \sin(90 - \alpha), \quad (10)$$

$$\delta_4 = (S_{rad} + x) \cdot \sin(\alpha) - l_{зм} \cdot \sin(90 - \alpha), \quad (11)$$

де δ_1 – величина, на яку зміститься евольвента зуба після зміщення контуру рейки до осі деталі на величину S ;

δ_2 – величина, на яку зміститься евольвента зуба після зміщення контуру рейки в напрямку її центроїди (в напрямку осі шліфувального круга) на величину $l_{зм}$;

δ_3 – сума $\delta_1 + \delta_2$;

δ_4 – різниця $\delta_1 - \delta_2$;

x – коефіцієнт зміщення;

S_{rad} – величина радіального врізання;

α – кут профілю рейки;

l – зміщення вихідного профілю рейки.

ВИСНОВКИ

1 Точність відтворення евольвенти залежить що від похибки радіального врізання S_{rad} значно менше, ніж від величини зміщення $l_{зм}$ інструментальної рейки вздовж її центроїди.

2 Визначили, що чим більший кут α оброблюваного колеса (відповідно і профілю рейки), тим більша похибка $\delta_1 (S_{pad})$ і тим менша похибка $\delta_2(l_{зм})$.

3 Слід відмітити, що величини зміщень не залежать від кількості зубів та модулю колеса.

RESEACH OF FIDELITY INVOLUTE BY ROUNDING METHOD

M. M. Korotun, R. U. Vyazovyy
Sumy State University,
2, Rimsky-Korsakov Str., 40007, Sumy, Ukraine

Article shows the simulation and analytical models fidelity evolvent by rounding method. Displaying parameters that depend on the displacement profile form rails but do not depend on the module and number of teeth wheel.

Keywords: Tooth-grinding, hobbing, centroid rounding, simulation model, analytical model, involute, tool rack, wheel offset, offset rail.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЭВОЛЬВЕНТЫ МЕТОДОМ ОБКАТА

Н. Н. Коротун, Р. Ю. Вязовый,
Сумский государственный университет
у. Римского – Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина

Приведены имитационная и аналитическая модели воспроизведения эвольвенты методом обката. Показаны параметры, зависящие от смещения профиля формообразующей рейки.

Ключевые слова: зубошлифование, обкат, центроидное огибание, имитационная модель, аналитическая модель, эвольвента, инструментальная рейка.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудряшов А. А. Станки инструментального производства / А. А. Кудряшов. — 2-е изд., пер. и доп. — М. : Машиностроение, 1968. — 380 с.
2. Данилов Ю. Практическое использование NX / Данилов Ю., Артамонов И. - ДМК Пресс, 2011. — 332 с.
3. Сахаров Г. Н. Металлорежущие инструменты: учебник / Сахаров Г. Н., Арбузов О. Б., Боровой Ю. Л. и др. — М. : Машиностроение, 1989. — 328 с.
4. Лашнев С. И. Формообразование зубчатых деталей реечными и червячными инструментами / С. И. Лашнев. — М. : Машиностроение, 1971. — 216 с.
5. Початки програмування в середовищі MatLAB [Текст] : навч. посіб. / Ю. Ф. Лазарев. — 2-е вид., перероб. і доп. — К. : Політехніка, 2000. — 396 с.

Надійшла до редакції 28 травня 2013 р.