

УДК 515.2+563.3

## ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАСТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ НА БАЗІ ПАРАМЕТРИЧНОГО КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА

Подкоритов А.М., д.т.н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет  
імені Богдана Хмельницького,*

Ісмаїлова Н. П., д.т.н.,

Трушков Г.В.

*Військова академія (м. Одеса, Україна)*

*Дана стаття присвячена геометричному моделюванню зубчастого внутрішнього зачеплення, проектування зубчастих коліс на базі параметричного кінематичної гвинта.*

*Ключові слова: зубчасті передачі, модулювання, інтерференція, параметризація, параметричний кінематичний гвинт, внутрішнє зачеплення, зубчасте колесо.*

**Постановка проблеми.** Зубчасті передачі є складовою частиною багатьох приводів механізмів і машин. У багатьох випадках саме зубчасті передачі визначають технічні характеристики, масу, габарити приводу, його вартість, тобто ті показники, від яких залежить якість машини в цілому. А саме якість визначає конкурентоспроможність продукції машинобудування в ХХІ столітті.

При моделюванні спряжених форм поверхонь сучасних машин в деяких випадках практично неможливо вирішити поставлені завдання без визначення спряжених поверхонь зубчастих зачеплень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При аналізі було встановлено, що для вирішення завдань формування нової геометрії спряжених нелінійчатих поверхонь зачеплення, існуючі способи виявилися складними і неефективними. Деякі з них цілком можливо застосовувати, але при моделюванні нової кінематики зачеплення з ланками, які здійснюють складні рухи, потрібні наочна реальна картина зміни конструкції передач безпосередньо на діаграмі кінематичного гвинта та розширити можливості існуючої теореми о миттєвих аксоїдах - професора А.М. Подкоритова.

**Формування цілей статті.** У зв'язку з вищевикладеним метою статті є підвищення якості контакту зубів зубчастого зачеплення шляхом моделювання і дослідження процесу формоутворення робочої поверхні зубів конічної шестерні інструментом рейкового типу на основі двопараметричного огибання, що забезпечує заданий

відхилення формованої поверхні від теоретичної [2].

**Основна частина.** Різноманітність вимог, що пред'являється до зубчастих передач, зводиться в основному до підвищення надійності і довговічності, ККД, здатності навантаження і кінематичної точності при одночасному зниженні їх маси і габаритів. Комплексне задоволення цих вимог вдосконаленням традиційних передач стає все важче.

Колеса з внутрішнім зачепленням являють собою особливий вид зубчастих шестерень. Вони призначені для передачі поступального руху, завдяки якому між собою взаємодіють два вала. Також така модифікація коліс використовується якщо рух відбувається строго в одній площині без зміни її характеристик. Такі колеса більш компактні в порівнянні з зубчастими моделями аналогічних розмірів. Зубчасті колеса з внутрішнім зачепленням, вони ж планетарні, використовуються в великих механізмах зразок танків, екскаваторів, ходових кранів, в самоскидах. Зазвичай розраховані на роботу з вагою від 30 до 450 тонн.

Розглянемо геометричне моделювання зубчастих спряжених поверхонь  $\Sigma$  круговим перетворенням вихідної криволінійної поверхні  $\Phi$  (рис.1).

Поверхня  $\Sigma$  формується обертанням відносно осі  $m(u)$  кожної точки заданої вихідної поверхні  $\Phi$  на кут  $\varphi(\sigma, \tau)$ , залежно, в загальному випадку, від положення точки на вихідній поверхні  $\Phi$  (рис. 1).

Для формування аналітичної моделі спряженої поверхні  $\Sigma$  вважатимемо, що точка  $M$  задана радіус-вектором  $\vec{r}(\sigma, \tau)$ , де  $\sigma$  і  $\tau$  – криволінійні координати точки  $M$  на поверхні  $\Phi$  (рис. 1).

Нехай вихідна криволінійна поверхня  $\Phi$  задана радіус-вектором  $\vec{r}(\sigma, \tau)$  і криволінійною віссю  $m(u)$ , яка визначається радіус-вектором  $\vec{m}(u)$ .

Спряжена поверхня  $\Sigma$  формується обертанням навколо відповідних точок, які належать осі  $m(u)$ , кожної точки заданої вихідної поверхні  $\Phi$  на кут  $\varphi(\sigma, \tau)$ , який залежить, у загальному випадку, від положення точки на вихідній поверхні  $\Phi$ .

Виберемо на твірній  $\ell(\tau)$  поверхні  $\Phi$  деяку точку  $M$ . Проведемо через неї горизонтальну площину  $\Gamma$ . Точка  $M_0$ , в якій площина  $\Gamma$  перетинає вісь  $m$ , є проекцією точки  $M$  на вісь  $m$ . Повернемо точку  $M$  навколо точки  $M_0$  на деякий кут  $\varphi(\sigma, \tau)$ . Описане кругове перетворення точки  $M$  визначається положенням точки  $M^*$ . Здійснюючи аналогічні перетворення всіх інших точок твірної  $\ell(\tau)$  поверхні  $\Phi$ , отримаємо точки контактної лінії  $\ell^*(\tau)$  поверхні  $\Sigma$ .

Для формування каркасу спряженої поверхні контакту  $\Sigma$  будемо вважати, що точка  $M$  задана радіус-вектором  $\vec{r}(\sigma, \tau)$ , де  $\sigma$  і  $\tau$  є

криволінійними координатами точки  $M$  на поверхні  $\Phi$  (рис. 1).

Побудувати каркас шуканої поверхні контакту спряжених поверхонь можна за допомогою кругових перетворень точок заданої поверхні. Цей процес пояснюється так:

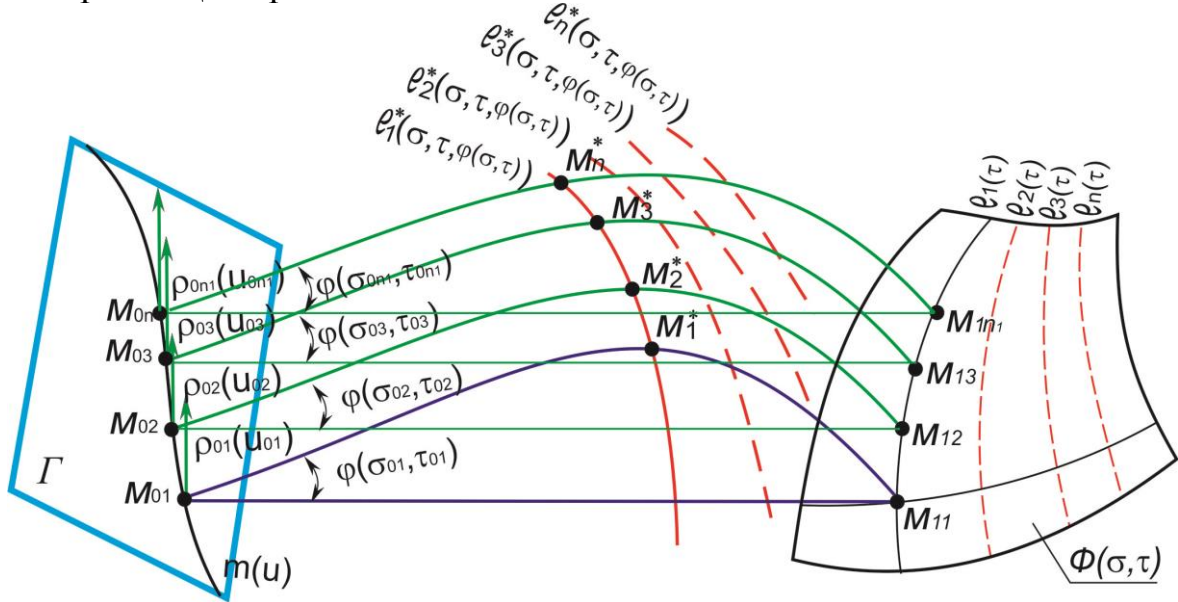


Рис. 1. Побудова каркасу поверхні контакту внутрішнього зачеплення спряжених поверхонь круговим перетворенням

Застосуємо перетворення до кожної обраної точки  $M_{ij}$  на кожній твірній  $\ell_i(\tau)$  вихідної поверхні  $\Phi$  (рис. 2.3). В результаті отримаємо сім'ю дискретно поданих ліній  $\ell_i^*(\sigma, \tau, \varphi(\sigma, \varphi))$ , яка визначає каркас поверхні  $\Sigma$ :

1. Будуємо горизонтальну проекцію точок  $M_{01}, M_{02}, M_{03}, \dots, M_{0n}$ ;
2. Поворот точок  $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$  дозволяє задати каркас гвинтових ліній поверхні із змінним кроком. Сімейство дискретно поданих ліній

$$\left. \begin{matrix} \ell_1^*(\sigma, \tau, \varphi(\sigma, \varphi)) \\ \ell_2^*(\sigma, \tau, \varphi(\sigma, \varphi)) \\ \ell_3^*(\sigma, \tau, \varphi(\sigma, \varphi)) \\ \dots \\ \ell_n^*(\sigma, \tau, \varphi(\sigma, \varphi)) \end{matrix} \right\} \text{ задає каркас поверхні контакту } \Sigma.$$

За допомогою створеного комп'ютерного моделі просторового параметричного кінематичного гвинта, визначимо параметри поверхні зачеплення (рис.2, таблиця 1).

Розробка комп'ютерної моделі, що моделює просторову діаграму кінематичного гвинта, дозволяє побудувати поверхню контакту зачеплення і підвищити точність продуктивності

профілізації спряжених поверхонь. Точність збільшується у зв'язку з тим, що розроблений автоматизований метод дозволяє побудувати велике число пар спряжених гелікоїдів, і визначити їх контактну поверхню зачеплення, таким чином підвищуючи як наслідок продуктивність конструкторських робіт, і якість отримуваних виробів на стадії проектування.

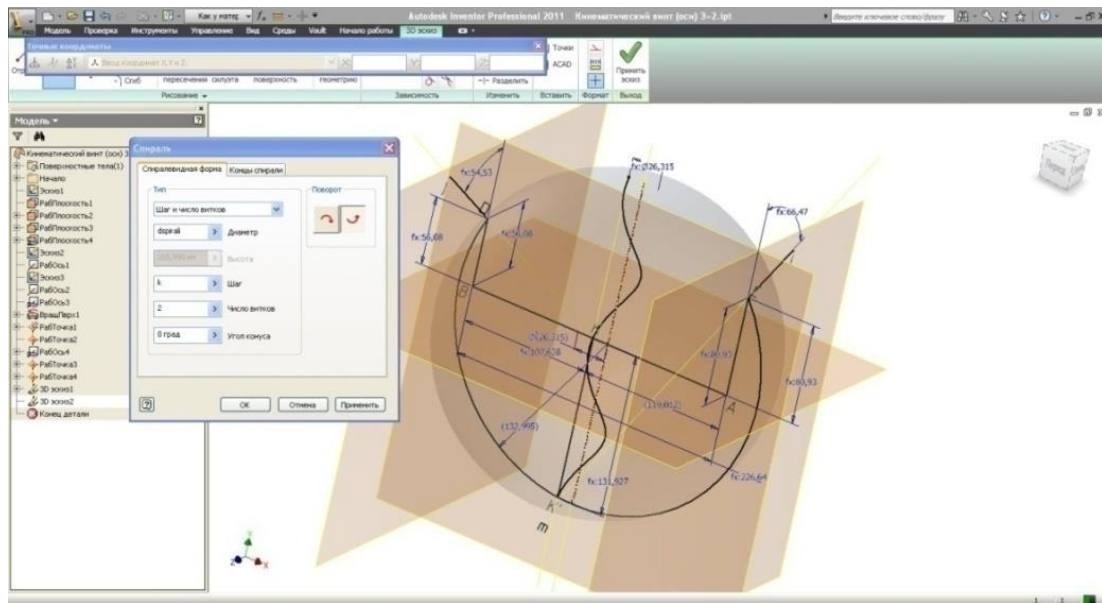


Рис.2. Параметри поверхні зачеплення

Параметри кінематичного гвинта для спряжених зубчастих поверхонь представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри кінематичного гвинта

Початкові параметри			Отримані параметри		
Параметр	Позначення на рис.1	Значення	Параметр	Позначення на рис.1	Значення
$AB$	$AB$	226.64	$\alpha$	$\angle wAO_{wm}$	$64.43^\circ$
$h_1$	$AC$	79.93	$\beta$	$\angle wBO_{wm}$	$53.51^\circ$
$h_2$	$BD$	54.07	$\omega_m$	$w_m$	54.08
$\gamma$	$\angle COD$	$123^\circ$	$a$	$AK$	117.12
$\omega_A$	$w_A$	51.32	$b$	$BK$	106.61
$\omega_B$	$w_B$	55.82	$h_m$	$KK'$	132.97

**Висновки.** З метою підвищення точності і надійності широкого класу виробів космічних кораблів, авіації, машинобудування розроблені наукові основи формування спряжених зубчастих

поверхонь що виключають інтерференцію. Вільні від інтерференції зубчасті передачі і ріжучий інструмент дозволяють уникнути підрізувань, заклинювань і небезпечної концентрації напруги, а також підвищується точність і надійність складного ріжучого інструменту та зубчастого зачеплення.

### *Література*

1. Подкорытов А.Н. Исключение интерференции сопряженных поверхностей зубчатых передач / А.Н. Подкорытов // INTERNATIONAL CONGRES–GEAR TRANSMISSIONAL. – Sofia, BULGARIA, 1995. – С.143–145.
2. Подкоритов А.М. Теоретичні основи спряжених квазігвинтових поверхонь, що виключають інтерференцію [Текст]: монографія / А. М. Подкоритов, Н. П. Ісмаїлова // Херсон : ФОРМ Грінв Д. С., 2016. – 330 с.

## **ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕННЯ НА БАЗІ ПАРАМЕТРИЧНОГО КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА**

Подкорытов А.Н., Исмаилова Н.П., Трушков Г.В.

*Данная статья посвящена геометрическому моделированию зубчатого внутреннего зацепления, проектированию зубчатых колес на базе параметрического кинематического винта.*

*Ключевые слова: зубчатые передачи, моделирование, интерференция, параметризация, параметрический кинематический винт, внутреннее зацепление, зубчатое колесо.*

## **GEOMETRICHE MODELUVANNY ZUBCHATOGO ZAGCELENIYA ON THE BASIS OF PARAMETRIC CINEMATICAL SCINES**

Podkorytov A., Ismailova N., Trushkov G.

*This article is devoted to the geometric modeling of internal gearing, the design of gears based on a parametric kinematic screw.*

*Key words: gear transmissions, modeling, interference, parametrization, parametric kinematic screw, internal engagement, gear wheel.*