

УДК 515.2+563.3

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ КОНВОЛЮТНИХ ГЕЛІКОЇДІВ

DOI

Ісмаїлова Н. П., д.т.н.,

Nelly969@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0181-4420

Паскалова М.І., к.ф.н.,

marinapaskalova@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1976-580

Військова академія (м. Одеса)

Трушков Г.В., к.т.н.,

trushkov_german@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7851-6419

Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум»

Олійник Н. В., к.т.н.,

1727v@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4492-7003

Одеська державна академія будівництва та архітектури

У роботі пропонується геометричне моделювання конволютних гелікоїдів на базі параметричного кінематичного гвинта, для практичного використання в проектуванні ріжучого інструменту для обробки деталей, що мають просторово-складну поверхню тісно пов'язану з утворенням взаємно-огинаючих спряжених поверхонь.

Гвинтові поверхні, утворені гвинтовим рухом прямої лінії, відносяться до лінійчатих поверхонь, і називаються гелікоїдами. Серед них розрізняють прямий гелікоїд, похилий або Архімедов, евольвентний і конволютний гелікоїди. Всі вони мають широке застосування в техніці. Так прямий і похилий гелікоїди застосовуються при конструюванні ходових гвинтів верстатів, ручних пресів, домкратів тощо, що мають витки прямокутного або трапецеїдального профілю. Гелікоїди евольвентний і конволютний застосовуються при конструюванні черв'яків, шнеків, гвинтового ріжучого інструменту.

Оскільки поверхню обробної деталі і ріжучого інструменту є спряженими, то кожену з даних поверхонь можна уявити як обвідної по відношенню до другої рухомий поверхні. Вчені геометри вже давно намагаються оптимізувати процес створенням універсальних графічних способів проектування ріжучих інструментів, де є, по суті графічне зображення параметрів кінематичних пар, зміна одного з яких призводить до зміни інших та відкриває можливість отримання форм деталей наперед заданими параметрами.

На сучасному етапі бурхливого розвитку складних конструкцій машин і апаратів при складній взаємодії їх частин широко використовуються методи нарисної геометрії в рішенні різних складних технічних завдань. Одним з поширених методів формування поверхонь

ріжучого інструменту є геометричне моделювання спряжених конволютних гелікоїдів, що дозволяє визначити кінематичні поверхні систем складних рухів, дати аналіз впливу кожного параметра на профіль і конструктивні розміри, та легко можна виявити помилки профілювання складних профілів.

Ключові слова: моделювання спряжених поверхонь, параметричний кінематичний гвинт, зубчасті колеса, ріжучий інструмент, конволютний гелікоїд.

Постановка проблеми. При моделюванні спряжених кінематичних пар в машинобудуванні, літакобудуванні та робототехніці в деяких випадках практично неможливо вирішити поставлені завдання без визначення спряжених поверхонь кінематичних пар.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки поверхню обробної деталі і ріжучого інструменту є спряженими, то кожен з даних поверхонь можна уявити: як обвідної по відношенню до другої рухомий поверхні. Передумовами для створення способу геометричного проектування конволютних гелікоїдів на базі параметричного кінематичного гвинта є теорема професора Подкоритова А.М.[1].

Формулювання цілей статті. В роботі поставлено мету – розробити алгоритм геометричного проектування конволютних гелікоїдів на базі параметричного кінематичного гвинта для практичного використання при проектуванні ріжучого інструменту та зубчастого зачеплення.

Основна частина. Розглянемо побудову конволютного гелікоїда, заданого параметрами з діаграми параметричного кінематичного гвинта рис.1.

Гвинтова лінія гелікоїда задана системою рівнянь (1):

$$\begin{cases} X = \sqrt{b^2 + \frac{\omega_A^2 \cdot \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha}} \cdot \cos \varphi - e; \\ Y = \sqrt{b^2 + \frac{\omega_A^2 \cdot \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha}} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \theta + \left[p \cdot \varphi + \frac{\omega_A \cdot \cos \beta}{\cos \alpha} \right] \cdot \sin \theta; \\ Z = \sqrt{b^2 + \frac{\omega_A^2 \cdot \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha}} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \theta + \left[p \cdot \varphi + \frac{\omega_A \cdot \cos \beta}{\cos \alpha} \right] \cdot \cos \theta. \end{cases} \quad (1)$$

З діаграми гвинта (рис.1) і рівнянь (1) отримаємо наступні значення параметрів:

$$\begin{aligned} \alpha &= 78.7^\circ; \beta = 41.3^\circ; \theta = 120^\circ; \\ b &= 8.096 \text{ мм}; \omega_A = 35; \\ e &= 226 \text{ мм}; p = 56 \text{ мм}. \end{aligned}$$

прийmemo значення
 $\varphi = [0; \frac{\pi}{30}; 10\pi].$

Визначена по заданим параметрам гвинтова лінія гелікоїда в системі Mat LAB (рис. 2).

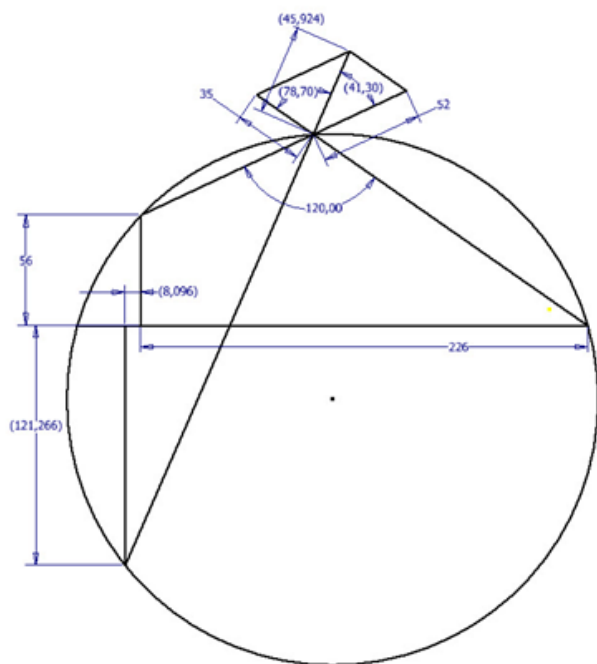


Рис. 1. Діаграма параметричного кінематичного гвинта

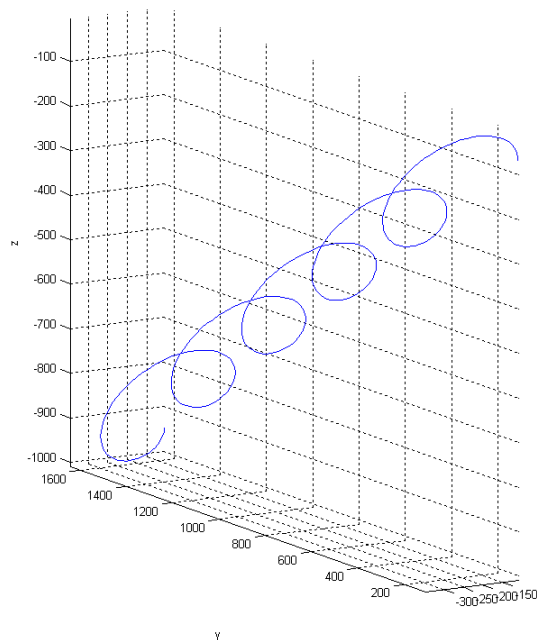


Рис.2. Тривимірне представлення

Розглянемо ще одну систему рівнянь (2) для побудови гвинтової лінії гелікоїда:

$$\begin{cases} X = b \cdot \sec \xi \cdot \cos(\xi + \nu) - e; \\ Y = b \cdot \sec \xi \cdot \sin(\xi + \nu) \cdot \cos \theta + (b \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \xi + p \cdot \nu) \cdot \sin \theta; \\ Z = b \cdot \sec \xi \cdot \sin(\xi + \nu) \cdot \sin \theta + (b \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \xi + p \cdot \nu) \cdot \cos \theta; \end{cases} \quad (2)$$

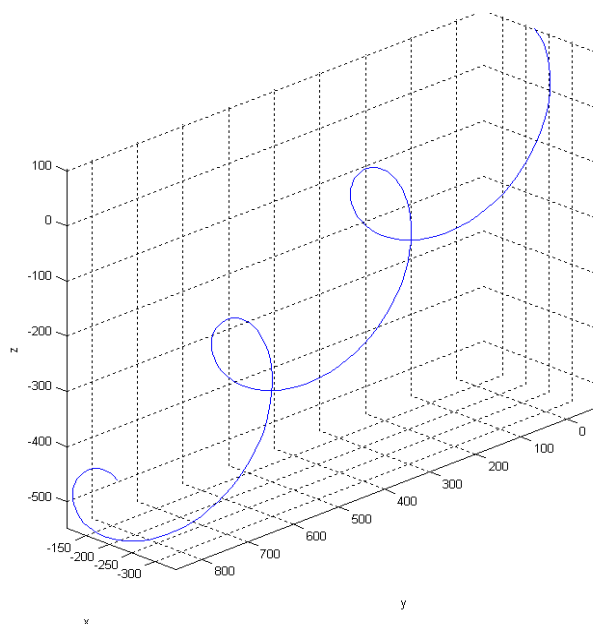


Рис.3 Тривимірне представлення

Прийmemo значення:

$$\nu = [0: \frac{\pi}{30}: 6\pi].$$

По заданим параметрам будемо гвинтову лінію гелікоїда в системі Mat LAB (рис. 3).

Будемо сімейство конволютного гелікоїда по діаграмам параметричного кінематичного гвинта, зображених на рис. 4.

З сімейства діаграм 1, 2 (рис. 4) визначимо значення кута α , а і обчислимо значення b , β , ω_A , ω_B за формулами:

$$\omega_A = \frac{\omega_m \cdot \sin \beta}{\sin(90 - \theta)}; \quad \omega_B = \frac{\omega_m \cdot \sin \alpha}{\sin(90 - \theta)};$$

$$\beta = \theta - \alpha;$$

$$b = e - a;$$

$$a = \left\{ \begin{array}{cccccc} 13.089 & 24.966 & 33.987 & 45.452 & 65.917 & 77.725 \\ 102.107 & 109.848 & 132.581 & 147.417 & 173.118 & 198.033 \end{array} \right\}.$$

Результат запроєктованого конволютного гелікоїда на базі параметричного кінематичного гвинта представлено на рис. 5.

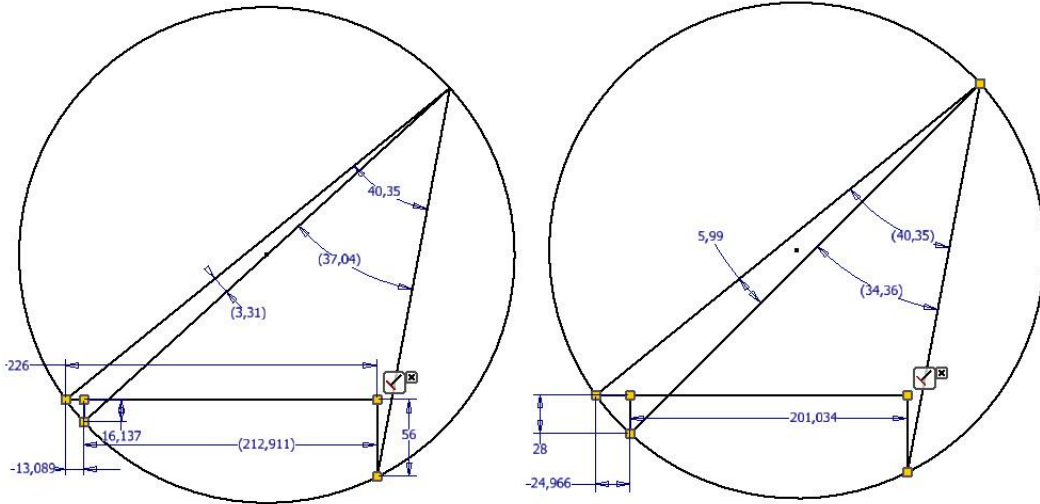


Рис.4 Сімейство діаграми параметричного кінематичного гвинта 1-2

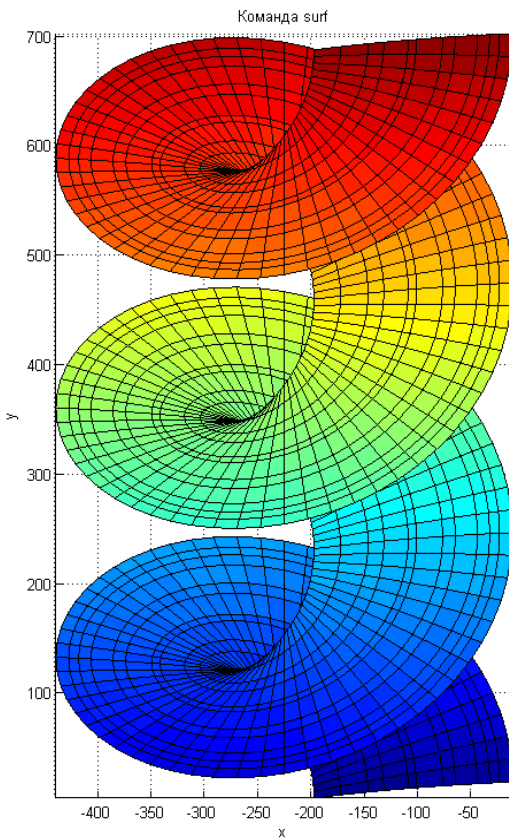


Рис.5 Конволютний гелікоїд

Висновки. Запропонований спосіб моделювання конволютного гелікоїда на базі параметричного кінематичного гвинта підвищує точність в проектуванні профілю ріжучого інструменту та зубчастого зачеплення.

Література

1. Подкоритов А. М. Теоретичні основи спряжених квазігвинтових поверхонь, що виключають інтерференцію [Текст]: монографія/ Подкоритов А. М., Ісмаїлова Н. П. Херсон: ФОП Грінь Д. С., 2016. – 330 с.
2. Ісмаїлова Н.П. Спряжені поверхні із точковим контактом // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці. - Таврійська державна агротехнічна академія – Вип. 4 т.35. – Мелітополь, 2007. – С.156-159.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ КОНВОЛЮТНЫХ ГЕЛИКОИДОВ

Исмаилова Н.П., Паскалова М.И., Трушков Г.В., Олейник Н. В.

В работе предлагается геометрическое моделирование конволютных геликоидов на базе параметрического кинематического винта, для практического использования в проектировании режущего инструмента, имеющего пространственно-сложную поверхность, тесно связанную с образованием взаимно огибающих сопряженных поверхностей. Винтовые поверхности, образованные винтовым движением прямой линии, относятся к линейчатым поверхностям и называются геликоидом. Среди них различают прямой геликоид, наклонный, эвольвентные и конволютные геликоиды. Все они имеют широкое применение в технике. Так, например прямой и наклонный геликоиды применяются при конструировании ходовых винтов станков, ручных прессов, домкратов и т.п., имеющие витки прямоугольного или трапецеидального профиля. Геликоиды эвольвентные и конволютные применяются при конструировании червяков, шнеков, винтового режущего инструмента. Поскольку поверхности обрабатываемой детали и режущего инструмента является сопряженными, то каждую из данных поверхностей можно представить обводной по отношению ко второй подвижной поверхности. Ученые геометры уже давно пытаются оптимизировать процесс созданием универсальных графических способов проектирования режущих инструментов, где есть, по сути, графическое изображение параметров кинематических пар, изменение, одного приводит к изменению других и открывает возможность получения форм деталей наперед заданными параметрами. На современном этапе бурного развития сложных конструкций машин и аппаратов, при сложном взаимодействии их деталей, широко используются методы начертательной геометрии в решении различных сложных технических задач. Одним из распространенных методов формирования поверхностей режущего инструмента, является геометрическое моделирование сопряженных конволютных геликоидов, что позволяет определить сопряженные поверхности систем сложных движений, дать анализ влияния каждого параметра на профиль и конструктивные размеры, и дает возможность обнаружить ошибки профилирования криволинейных профилей.

Ключевые слова: моделирование сопряженных поверхностей, параметрический кинематический винт, режущий инструмент, конволютный геликоид.

GEOMETRIC MODELING OF CONJUGATE CONVOLUTE HELICOIDS

Nelli Ismailova, Maryna Paskalova, Hermann Truhkov, Natalia Olyynik

The paper proposes geometric modeling of convolute helicoids on the basis of a parametric kinematic screw, for practical use in the design of a cutting tool having a spatially complex surface closely related to the formation of mutually enveloping mating surfaces. The helical surfaces formed by the helical movement of a straight line are referred to as ruled surfaces and are called helicoid. Among them, a straight helicoid, oblique or Archimedes are distinguished, involute and convolute helicoids. All of them are widely used in technology. For example, straight and oblique helicoids are used in the design of lead screws for machine tools, hand presses, jacks, etc., having turns of a rectangular or trapezoidal profile. Involute and convolute helicoids are used in the design of worms, screws, screw cutting tools. Since the surfaces of the workpiece and the cutting tool are mating, each of these surfaces can be represented as bypass with respect to the second movable surface. Geometric scientists have long been trying to optimize the process by creating universal graphic methods for designing cutting tools, where there is, in fact, a graphic representation of the parameters of kinematic pairs, changing one of which leads to a change in others and opens up the possibility of obtaining the shapes of parts with predetermined parameters. At the present stage of the rapid development of complex designs of machines and apparatus, with the complex interaction of their parts, the methods of descriptive geometry are widely used in solving various complex technical problems. One of the most common methods for shaping the surfaces of a cutting tool is geometric modeling of conjugate convolute helicoids, which makes it possible to determine the conjugate surfaces of systems of complex movements, to analyze the influence of each parameter on the profile and structural dimensions, and it is easy to detect errors in profiling complex profiles.

Keywords: modeling of mating surfaces, parametric kinematic screw, cutting tool, convolute helicoid.

References

1. Podkoritov A. M., Ismailova N. P. (2016). Teoretychni osnovy spriazhenykh kvazihvyntovykh poverkhon, shcho vykliuchaiut interferentsiiu: a monograph. Kherson: FOP Grin D. C. {in Ukrainian}.
2. Ismailova N.P. (2007). Spriazheni poverkhni iz tochkovym kontaktom. *Applied Geometry and Engineering Graphics. Proceedings*. Melitopol: Tavria State Agrotechnical Academy. 4 (35) {in Ukrainian}.