

МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ КРИВОЛІНІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ НА БАЗІ КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА

Військова академія

Моделювання спряжених криволінійних поверхонь для практичного використання в проектуванні виробів машинобудування на базі параметричного кінематичного гвинта. В машинобудуванні при моделюванні спряжених криволінійних поверхонь кінематичних пар застосовувались трохойдографи та електронно-моделюючі установки, які мали низьку точність та продуктивність. Пропонується оптимізувати процес створення універсальних графічних інструментів, де є по суті графічне зображення параметрів кінематичних спряжених криволінійних поверхонь, зміна одного з яких призводить до зміни інших, відкриває можливість отримання форм деталей, наперед заданими параметрами. Слід долучити побажання в розширенні можливостей діаграми гвинта [1], з урахуванням реальної картини кінематики при проектуванні, яка при зміні відстані між осями гвинтів давала б реальне уявлення про зміну геометрії контактної поверхні в кожній точці миттєвого руху коліс.

Кінематичний гвинт добре себе зарекомендував для формування спряжених лінійчатих поверхонь [3], тому встало актуальне завдання геометричне 3d-моделювання діаграми кінематичного параметричного гвинта для формування спряжених криволінійних поверхонь. Методика 3d-моделювання діаграми кінематичного гвинта заснована на теоремах професора А.М. Подкоритова [4]. Моделювання спряжених криволінійних поверхонь на базі параметричного кінематичного гвинта полягає в тому, що з графічних побудов на будь-якому етапі проектування можна легко перейти на розрахунок аналітичним методом, при необхідності перевірки або точного визначення параметрів. Дозволить наочно уявити процес отримання спряжених криволінійних кінематичних пар, дати аналіз впливу кожного параметра на профіль і його конструктивні розміри, можна виявити помилки профілювання спряжених криволінійних поверхонь де уникнути їх, чому і присвячена ця стаття

Ключові слова – моделювання спряжених поверхонь, кінематичні поверхні, ріжучий інструмент, кінематичний гвинт, діаграма гвинта, інваріантний метод, параметричний кінематичний гвинт, параметричні поверхні.

Вступ

У роботах П. Кормака [1], Ф. Альтмана [2], А.Ф. Ніколаєва [3], А.Н. Подкоритова [4] викладено способи графічного ручного побудови характеристики спряжених криволінійних поверхонь. Сучасний рівень і темп виробництва вимагають автоматизації цього процесу не тільки з метою підвищення продуктивності, але і підвищення точності при проектуванні їх виробів. Дослідження за допомогою параметричного кінематичного гвинта [5], де просто і надійно показує можливість визначення контактних ліній спряжених криволінійних поверхонь, які в деяких випадках руху іншим способом визначити досить складно. Особливо, коли лінія контакту здійснює в просторі обертальний і поступальний рух, описуючі складаний кінематичну поверхню. Виконання цілої серії досліджень, руху лінії контакту дало можливість. Встановити закономірність спряжених криволінійних геометричність тіл на підставі другої теореми Олів'є: «Що дво поверхні будуть відмінюванні, тобто кожна з них є обвідної у відносному русі іншої».

Метою роботи: моделювання спряжених криволінійних поверхонь на базі параметричного кінематичного гвинта для визначення характеристик при проектуванні кінематичних пар.

Результати дослідження

При аналізі було встановлено, що для вирішення завдань формування нової геометрії спряжених криволінійної поверхонь зачеплення, існуючі способи виявилися складними і неекономічними. Деякі з них цілком застосовні, але при моделюванні нової кінематики зачеплення з ланками здійснюють складні рухи, потрібні наочна реальна картина зміни конструкції передач безпосередньо на діаграмі.

Моделювання спряжених криволінійних поверхонь деталей в машинобудуванні складної форми вирішує проблему підвищення точності профілювання та продуктивності праці конструктора у сучасному машинобудуванні, так як широко застосовуються спряжені криволінійні аксоїди. Теорема професора Подкоритова А.Н. про миттєвих огинаючих гелікоїдів дозволяє розширити сферу застосування кінематичного гвинта з застосуванням комп'ютерних технологій.

Один із способів автоматизації просторового параметричного кінематичного гвинта, на базі САПР Autodesk Inventor. Параметричний кінематичний гвинт - це просторове зображення трьох гвинтових рухів, з яких два є гвинтовими, а третє - результуючим [4].

Пропонується моделювання характеристик спряжених криволінійних поверхонь стосовно найбільш загального випадку побудови за допомогою просторового параметричного кінематичного гвинта.

Кінематичний гвинта в загальному випадку визначається 13-ю взаємозв'язаних параметрів спряжених гвинтових поверхонь: \sum_A, \sum_B, Φ (рис. 1) [5]:

1. AB - відстань між осями i і j , що схрещуються;
2. a - відстань між осями i і m , що схрещуються;
3. b - відстань між осями j і m , що схрещуються;
4. f - передавальне відношення ($k=a/b$);
5. α - кут між вісями i і j ;
6. γ - кут між вісями i і m ;
7. β - кут між вісями m і j ;
8. h_1 - крок гелікоїда Σ^1 ;
9. h_2 - крок гелікоїда Σ^2 ;
10. h_3 - крок гелікоїда Φ ;
11. ω_B - швидкість обертання осі j ;
12. ω_A - швидкість обертання осі i ;
13. ω_m - швидкість обертання осі m .

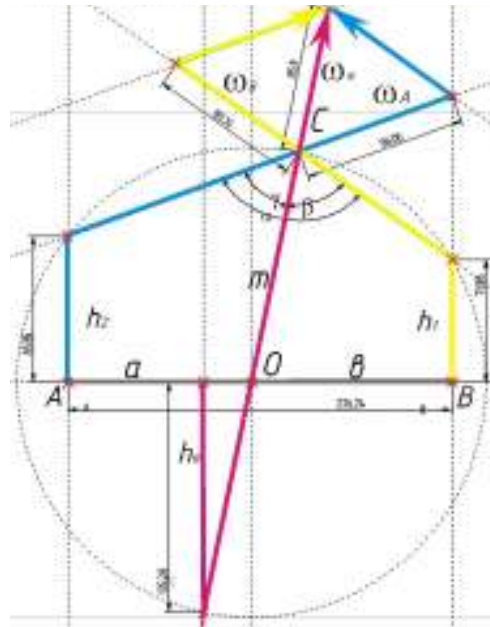


Рисунок 1 – Кінематичний гвинт в 2D

При розробці підпрограми до САПР Autodesk Inventor по формуванню параметричного кінематичного гвинта, створена тривимірна модель може бути використана в якості шаблону (рис. 2), при цьому такі параметри як $\alpha, \beta, \omega_m, f, h_m, a, b$ можуть бути обчислені за формулами, наприклад:

$$\omega_m = \sqrt{\omega_A^2 + \omega_B^2 - 2\omega_A\omega_B \cos(180 - \gamma)}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{\omega_A \sin(180 - \gamma)}{\omega_m} = \gamma - \beta;$$

$$\beta = \arcsin \frac{\omega_B \sin(180 - \gamma)}{\omega_m} = \gamma - \alpha;$$

$$\alpha = \frac{AB\omega_A \cos \alpha}{\omega_m}, \text{ если } h_1 = 0, h_2 = 0;$$

$$b = \frac{AB \omega_B \cos \beta}{\omega_m}, \text{ если } h_1 = 0, h_2 = 0;$$

$$f = \frac{a}{b};$$

$$h_m = b \cdot \operatorname{tg} \alpha = a \cdot \operatorname{tg} \beta, \text{ если } h_1 = 0, h_2 = 0,$$

при цьому вихідними є наступні параметри: $AB, \gamma, \omega_A, \omega_B, h_1$ и h_2 .

З 13-ю параметрів: 7 задано і 6 автоматично отримано:

Алгоритм побудови (рис. 2):

1. AB - відстань між перехресними вісями і та j ($AB = 226,64$ мм);
2. f - передавальні відношення ($f=a/b$);
3. γ - кут між вісями і та j ($\gamma = 121^\circ$);
4. h_1 - крок гелікоїда Σ_A ($h_1=AC=80,93$ мм);
5. h_2 – крок гелікоїда Σ_B ($h_2=BD=56,08$ мм);
6. ω_A - швидкість обертання осі і ($\omega_A=54,34$ мм);
7. ω_B - швидкість обертання осі j ($\omega_B=58,92$ мм);

Отримано автоматично в результаті побудови в системі САПР Autodesk Inventor:

1. a - відстань між перехресними вісями і та m ($a = AK = 119,012$ мм);
2. b - відстань між перехресними вісями j та m ($b = BK = 107,628$ мм);
3. α - кут між вісями і та m ($\alpha = 54,53^\circ$);
4. β - кут між вісями j та m ($\beta = 66,47^\circ$);
5. h_m - крок гелікоїда Φ ($h_m=KK'=131,927$ мм);
6. ω_m - швидкість обертання осі m ($\omega_m=55,086$ мм).

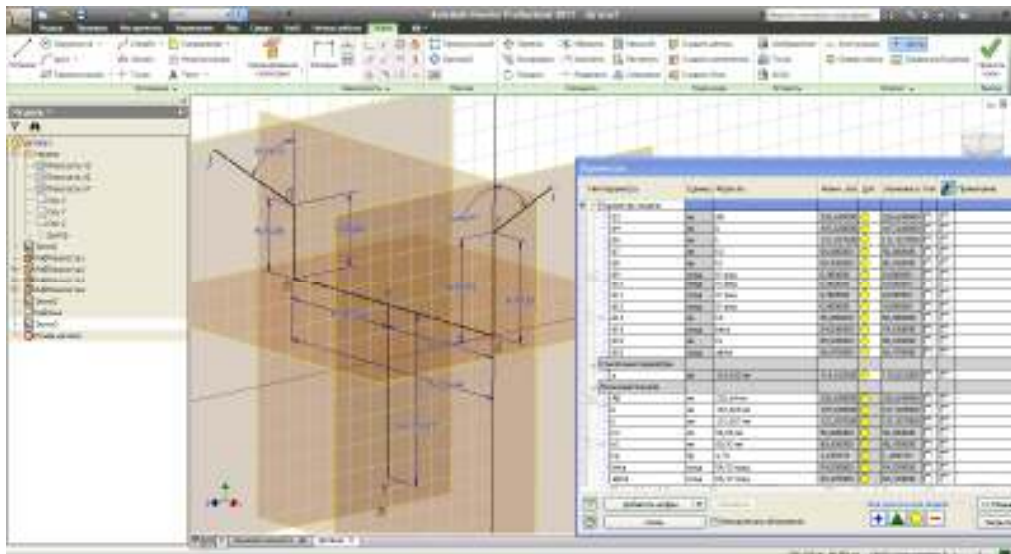


Рисунок 2 – Таблиця з вихідними параметрами

Геометрична модель параметричного кінематичного гвинта дозволяє довільно міняти розміри проєктованих криволінійних поверхонь, при цьому зберігаючи їх конфігурацію і цілісність (рис.3).

Таким чином розробка підпрограми до САПР Autodesk Inventor, що моделює параметричну діаграму гвинта, дозволить скоротити графічні операції, пов'язані з багаторазовим кресленням.

Просторовий параметричний кінематичний гвинт відповідає сукупністю послідовно виконуваних геометричних побудов. Чим вище точність профілювання спряжених гвинтових криволінійних поверхонь Σ_A і Σ_B , тим більше число раз необхідно викреслювати діаграму гвинта.

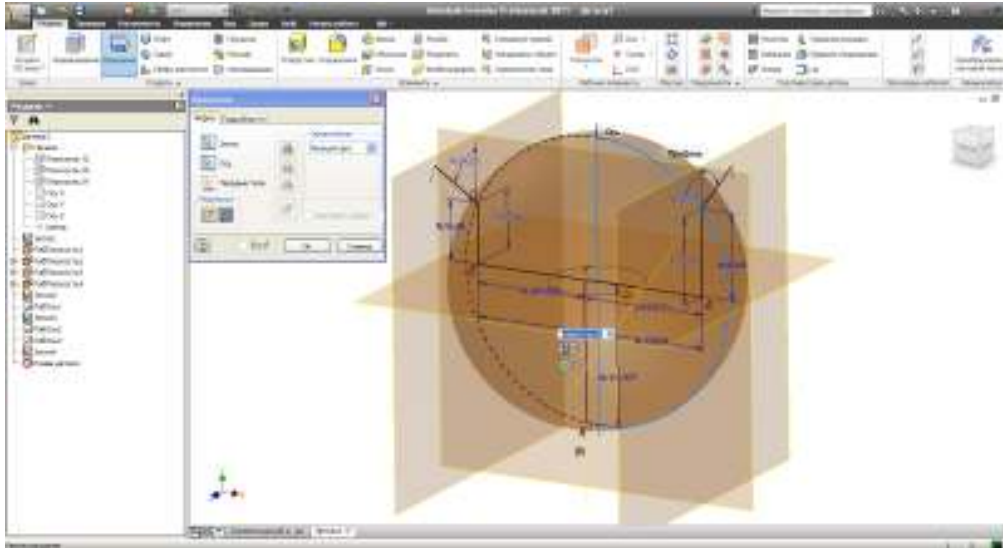


Рисунок 3 – Отримана тривимірна модель кінематичного гвинта

Моделювання параметричного кінематичного гвинта дозволяє визначити трудоміні розрахунково-графічні операції побудови параметрів сімейства ліній контакту зачеплення, автоматично дозволяє значно підвищити точність профілювання зубчастих і гвинтових зачеплень в кінематичних парах, автоматизувати процес обкатки в машинобудуванні.

Висновки

Розглянуто загальний випадок моделювання спряжених криволінійних поверхонь і запропонований спосіб його реалізації на базі параметричного кінематичного гвинта, підвищує точність і продуктивність розрахункових і графічних робіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Altman F. G. Bestimmung des Zahnflankeneingriffs bei allgemeinen Schraubenge trieben. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. B. 8, Sept/Okt. Berlin. 1937.
2. Cormac P. A Treatise on Screws and Worm gear, their Mills and Hobs /P. A Cormac. London, 1936.
3. Николаев А.Ф. Диаграмма винта и ее применение к определению сопряженных линейчатых поверхностей с линейным касанием / Тр. семинара по теории механизмов и машин. / АН СССР. Ин-т Машиноведения, т. 10. – Вып. 37. – Москва, 1950 – С. 52-106.
4. А.Н. Подкорытов. «Исключение интерференции сопряженных поверхностей зубчатых передач», INTERNATIONAL CONGRES - GEAR TRANSMISSIONS, Sofia - BULGARIA, 1995г., с.143-145
5. Подкорытов А. М., Исмаилова Н. П. Теоретичні основи спряжених квазігвинтових поверхонь, що виключають інтерференцію», - монографія – Херсон : ФОП Грін' Д. С., 2016. – 330 с.

REFERENCES

1. Altman F. G. Bestimmung des Zahnflankeneingriffs bei allgemeinen Schraubenge trieben. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. B. 8, Sept/Okt. Berlin. 1937.
2. Cormac P. A Treatise on Screws and Worm gear, their Mills and Hobs /P. A Cormac. London, 1936.
3. Nikolayev A.F. Diagramma vinta i yeye primeneniye k opredeleniyu sopryazhennykh lineychatykh poverkhnostey s lineynym kasaniyem / Tr. seminaru po teorii mekhanizmov i mashin. / AN SSSR. In-t Mashinovedeniya, t. 10. – Вып. 37. – Москва, 1950 – С. 52-106.
4. A.N. Podkorytov. «Isklyucheniye interferentsii sopryazhennykh poverkhnostey zubchatykh peredach», INTERNATIONAL CONGRES - GEAR TRANSMISSIONS, Sofia - BULGARIA, 1995g., s.143-145
5. Podkorytov A. M., Ismailova N. P. Teoreticheskiye osnovy sopryazhennykh kvazivintovykh poverkhnostey, isklyuchayushchikh interferentsiyu», - monografiya – Kherson: FLP Grin' D. S., 2016. – 330 s.

Исмаилова Неллі Петрівна - д-р техн.наук, доцент, заступник завідуючого кафедри інженерної механіки, <https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>

Тетяна Михайлівна Магілянець - ст.викл., здобувач, кафедри інженерної механіки, Військова академія (м. Одеса), orcid.org/0000-0003-0362-9907

Н. П. Исмаилова
Т. М. Магилянец

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА БАЗЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВИНТА

Военная академия

Моделирование сопряженных криволинейных поверхностей для практического использования в проектировании изделий машиностроения на базе параметрического кинематического винта. В машиностроении при моделировании сопряженных криволинейных поверхностей кинематических пар применялись трохойдографы и электронно-моделирующие установки, имели низкую точность и производительность. Предлагается оптимизировать процесс создания универсальных графических инструментов, где есть, по сути, графическое изображение параметров кинематических сопряженных криволинейных поверхностей, изменение одного из которых приводит к изменению других, открывает возможность получения форм деталей, заранее заданными параметрами. Следует включить пожелания в расширении возможностей диаграммы винта [1], с учетом реальной картины кинематики при проектировании, которая при изменении расстояния между осями винтов давала бы реальное представление об изменении геометрии контактной поверхности в каждой точке мгновенного движения колес.

Кинематический винт хорошо себя зарекомендовал для формирования сопряженных линейчатых поверхностей [3], поэтому геометрическое 3d-моделирование диаграммы кинематического параметрического винта для формирования сопряженных криволинейных поверхностей стала актуальной задачей. Методика 3d-моделирования диаграммы кинематического винта основана на теоремах профессора А.М. Подкорытова [4]. Моделирование сопряженных криволинейных поверхностей на базе параметрического кинематического винта заключается в том, что из графических построений на любом этапе проектирования можно легко перейти на расчет аналитическим методом, при необходимости проверки или точного определения параметров. Позволит наглядно представить процесс получения сопряженных криволинейных кинематических пар, дать анализ влияния каждого параметра на профиль и его конструктивные размеры, можно выявить ошибки профилирования сопряженных криволинейных поверхностей где избежать их, чему и посвящена эта статья

Ключевые слова: моделирование сопряженных поверхностей, кинематические поверхности, режущий инструмент, кинематический винт, диаграмма винта, параметрический кинематический винт, параметрические поверхности.

Исмаилова Нелли Петровна – д-р техн.наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой инженерной механики, <https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>.

Могилянец Татьяна Михайловна – ст. преп., соискатель, кафедры инженерной механики, Военная академия (Одесса), orcid.org/0000-0003-0362-9907.

N. Ismailova
T. Mohylianets

MODELING OF CONJUGATED CURVED SURFACES ON THE BASIS OF A KINEMATIC SCREW

¹Military Academy

Modeling of mating curved surfaces for practical use in the design of mechanical engineering products based on a parametric kinematic screw. In mechanical engineering, when modeling conjugate curved surfaces of kinematic pairs, trochoid graphs and electronic modeling installations were used, they had low accuracy and productivity. It is proposed to optimize the process of creating universal graphic tools, where there is, in fact, a graphic representation of the parameters of kinematic conjugate curved surfaces, a change in one of which leads to a change in others, opens up the possibility of obtaining the shapes of parts with predetermined parameters. It should include wishes to expand the capabilities of the propeller diagram [1], taking into account the real picture of the kinematics in the design, which, when the distance between the axes of the propellers changes, would give a real idea of the change in the geometry of the contact surface at each point of the instantaneous movement of the wheels.

The kinematic screw has proven itself well for the formation of conjugate ruled surfaces [3], therefore, geometric 3d-modeling of the kinematic parametric screw diagram for the formation of conjugate curved surfaces has become an urgent problem. The technique of 3d-modeling of the kinematic screw diagram is based on the theorems of Professor A.M. Podkorytova [4]. Modeling of mating curved surfaces on the basis of a parametric kinematic screw means that from graphic constructions at any stage of design, you can easily go to the calculation by an analytical method, if you need to check or accurately determine the parameters. It will allow you to visually represent the process of obtaining conjugate curvilinear kinematic pairs, to analyze the influence of each parameter on the profile and its structural dimensions, you can identify errors in the profiling of conjugate curved surfaces where to avoid them, which is what this article is about.

Key words - modeling of mating surfaces, kinematic surfaces, cutting tool, kinematic screw, screw diagram, parametric kinematic screw, parametric surfaces.

Ismailova Nelli - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Engineering Mechanics, <https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>.

Mahilyanets Tetyana - Senior Lecturer, Applicant, Department of Engineering Mechanics, Military Academy (Odessa), orcid.org/0000-0003-0362-9907.