

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМНООГИНАЮЧИХ СПРЯЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ

Військова академія (м. Одеса)¹

Національний університет «Одеська морська академія»²

Геометричне моделювання спряжених поверхонь для практичного використання в проектуванні виробів, які мають просторово-складну поверхню тісно пов'язану з утворенням взаємноогиначаючих спряжених поверхонь.

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 геометричних об'єктів є геометричне моделювання, що дозволяє в період творчого створення конструкції, ще на стадії проектування, бажану геометрію виробу, визначення характеристик контакту спряжених кінематичних пар систем складних рухів та вирішити багато інших завдань.

Оскільки поверхні спряженні то кожна з поверхонь можна уявити як обвідної по відношенню до другої рухомої поверхні.

У роботі пропонується оптимізувати процес створення універсальних графічних інструментів, де є по суті графічне зображення параметрів кінематичних спряжених 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 точки миттєвого руху коліс.

Теорія взаємноогиначаючих поверхонь отримала подальший розвиток в питаннях проектування спряжених кінематичних поверхонь. З питань проектування ріжучого інструменту на базі кінематичного гвинта профілювання 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

Графічні методи дозволяють наочно уявити процес отримання профілю деталі, дати аналіз впливу кожного параметра на профіль і його конструктивні розміри, де без усиль можна виявити помилки профілювання спряжених кінематичних поверхонь. Для точного проектування необхідно виконання досить численних геометричних побудов, де супроводжується внесенням цілком об'єктивних помилок, уникнути яких можна, і також потребує суттєвої творчої підготовки, 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 цей час все частіше почали проводити дослідження складних системи руху. Пропонується провести дослідження за допомогою методу параметричного кінематичного гвинта [2], цей метод досить просто і надійно показує можливість визначення контактних ліній спряжених поверхонь, які в деяких випадках руху іншим способом визначити досить складно. Особливо, коли лінія контакту здійснює в просторі обертальний і поступальний рух, описуючи складну кінематичну поверхню. Виконання цілої серії досліджень, руху лінії контакту дало можливість встановити закономірність спряжених геометричних тіл на підставі другої теореми Олів'є: «Що дві поверхні будуть спряженими, якщо кожна з них є обвідної у відносному русі інший».

Метою роботи є розробка комп'ютерного моделювання за допомогою метода кругового перетворення в системі MATLAB, спряжених поверхонь деталей в машинобудуванні. Для вирішення цієї задачі в даній роботі запропоновано розширити можливості існуючої діаграми гвинта на підставі інваріантного методу професора А.Н. Подкоритова [1], що визначає характеристики нелінійних гвинтових поверхонь.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При аналізі було встановлено, що для вирішення завдань формування нової геометрії спряжених 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.

Основна частина. Комп'ютерне моделювання спряжених поверхонь деталей в машинобудуванні складної форми вирішує проблему підвищення точності профілювання та продуктивності праці конструктора [2]. Розглянемо реалізацію методу кругового перетворення стосовно поверхні - еліптичний параболоїд, заданий параметричних рівнянням (1) і осі - конічна гвинтова лінія, задана параметричних рівнянням (2).

При розробці методу кругового перетворення розглядалася параметрична формула параболоїда (1).

$$\begin{cases} x = a \cdot u \cdot \cos v \\ y = b \cdot u \cdot \sin v, \\ z = 0.5 \cdot u^2 \end{cases} \quad (1)$$

$$0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$$

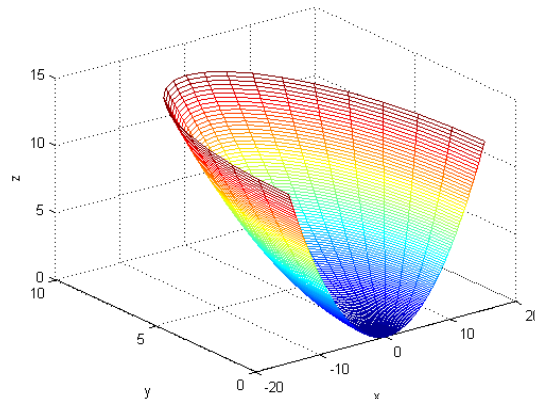


Рисунок 1 – Вихідний параболоїд

Поворот навколо осі Z

Розглянемо поворот поверхні навколо осі Z на кут θ , задається загальною формулою (2).

$$\begin{cases} x' = x \cos \theta - y \sin \theta \\ y' = x \sin \theta + y \cos \theta \\ z' = z \end{cases} \quad (2)$$

Підставивши у формулу (2) параметричні значення з формули (1):

$$\begin{cases} x' = au \cos v \cos \theta - bu \sin v \sin \theta \\ y' = au \cos v \sin \theta + bu \sin v \cos \theta, \\ z' = 0.5u^2 \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{где } 0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$$

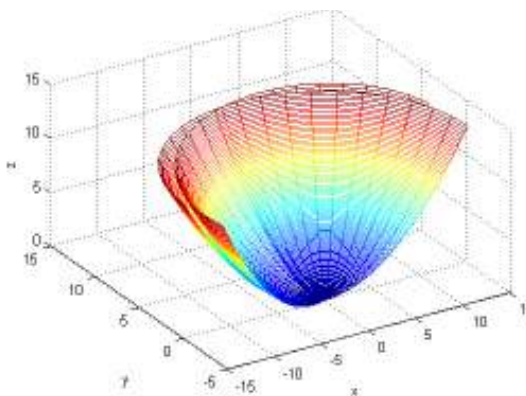


Рисунок 2.

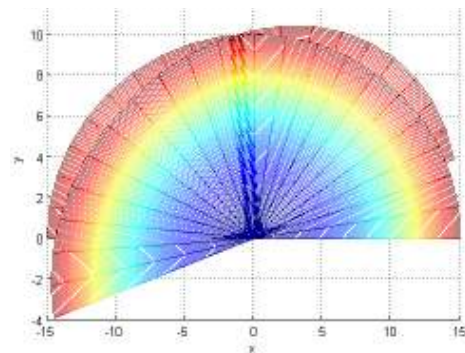


Рисунок 3.

Результат побудови поверхні, заданої формулою (3) з кутом повороту 15, показаний на рисунку 2, 3.

2. Поворот навколо вертикальної осі, проходить через задану точку.

Розглянемо поворот поверхні навколо вертикальної осі, що проходить через точку $C(x_0, y_0, z_0)$, на кут θ , задається наступними формулами.

У попередньому випадку було розглянуто поворот поверхні щодо точки початку координат $(0, 0, 0)$. Якщо розглядати нову точку повороту $C(x_0, y_0, z_0)$, то вона зсунута відносно початку координат (4) (Рис.4).

$$\begin{cases} x' = x - x_0 \\ y' = y - y_0 \end{cases} \quad (4)$$

Для такої системи поворот відбувається навколо її центру:

$$\begin{cases} X' = x' \cos \theta - y' \sin \theta \\ Y' = x' \sin \theta + y' \cos \theta \end{cases} \quad (5)$$

Перетворимо координати (X', Y') в (X, Y) .

$$\begin{cases} x = x' + x_0 \\ y = y' + y_0 \end{cases} \quad (6)$$

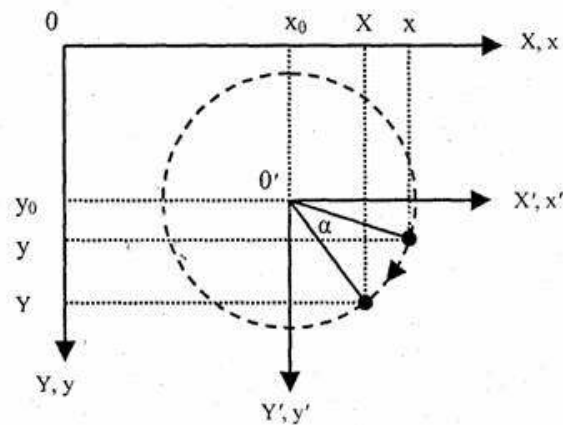


Рисунок 4 – Обертання навколо довільного центру

Об'єднавши формули (4), (5), (6), отримаємо загальну формулу обертання навколо вертикальної осі, що проходить через задану точку:

$$\begin{cases} x' = (x - x_0) \cos \theta - (y - y_0) \sin \theta + x_0 \\ y' = (x - x_0) \sin \theta + (y - y_0) \cos \theta + y_0 \\ z' = z \end{cases} \quad (7)$$

Підставивши у формулу (7) параметричні значення з формули (1):

$$\begin{cases} x' = (au \cos v - x_0) \cos \theta - (bu \sin v - y_0) \sin \theta + x_0 \\ y' = (au \cos v - x_0) \sin \theta + (bu \sin v - y_0) \cos \theta + y_0 \\ z' = 0.5u^2 \end{cases} \quad (8)$$

где $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, C(-10, -15, 0)$

Результат побудови поверхні, заданої формулою (8) з кутом повороту 15, в системі Mat LAB наведено на рис. 5.

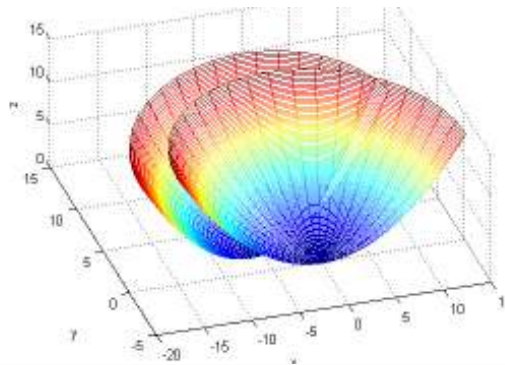


Рисунок 5 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 відносно точки $S(-10,-15,0)$ навколо вертикальної осі

3. Поворот криволінійної поверхні, вісь обертання якої не збігається з віссю Z , навколо осі Z .

У пункті 1 було розглянуто випадок, коли поверхня обертається щодо осі Z , при цьому сама вісь обертання параболоїда збігається з віссю Z . Розглянемо випадок, коли криволінійна поверхня розташована на довільному місці просторовій області.

Нехай криволінійна поверхня задана формулою (9):

$$\begin{cases} x = x_0 + a \cdot u \cdot \cos v \\ y = y_0 + b \cdot u \cdot \sin v, \\ z = z_0 + 0.5 \cdot u^2 \end{cases} \quad (9)$$

где $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, x_0 = -25, y_0 = 15, z_0 = -10$

Здійснивши поворот навколо осі Z по формулі (10) отримаємо результат, наведений на рис. 6.

$$\begin{cases} x' = (x_0 + au \cos v) \cos \theta - (y_0 + bu \sin v) \sin \theta \\ y' = (x_0 + au \cos v) \sin \theta + (y_0 + bu \sin v) \cos \theta, \\ z' = z_0 + 0.5u^2 \end{cases} \quad (10)$$

где $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, x_0 = -25, y_0 = 15, z_0 = -10$

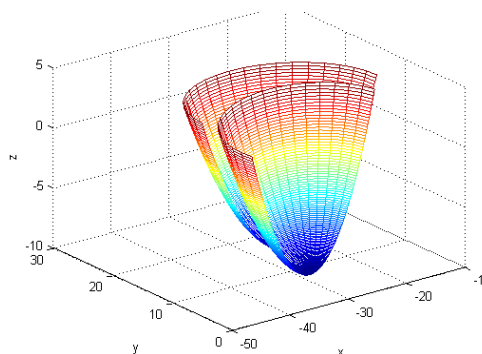


Рисунок 6 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 щодо осі Z

Вихідна криволінійна поверхня, задана рівнянням (9), і повернена навколо осі Z поверхня, задана рівнянням (10) не мають лінії перетину. Таким чином, при дослідженні кінематичного гвинта будемо розглядати обертання навколо власної осі.

4. Поворот криволінійної поверхні навколо власної осі обертання

Розглянемо випадок, коли криволінійна поверхня розташована на довільному місці просторовій області і обертається навколо власної осі обертання.

Нехай криволінійна поверхня задана формулою (9).

Здійснивши поворот навколо осі вертикальній осі, що проходить через точку $C(x_0, y_0, z_0)$ за формулою (11) отримаємо результат, наведений на рис. 7.

$$\begin{cases} x' = (x - x_0) \cos \theta - (y - y_0) \sin \theta + x_0 \\ y' = (x - x_0) \sin \theta + (y - y_0) \cos \theta + y_0 \\ z' = z \end{cases} \quad (11)$$

где $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, x_0 = -25, y_0 = 15, z_0 = -10$

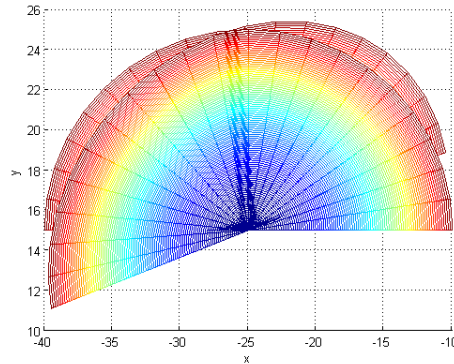


Рисунок 7 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 відносно власної осі

Вихідна криволінійна поверхня, задана рівнянням (9), і повернена навколо осі Z поверхня, задана рівнянням (11) перетинаються між собою.

5. Поворот криволінійної поверхні навколо осі криволінійної

На рис. 8 представлений результат повороту криволінійної поверхні на кут 15 навколо криволінійної осі.

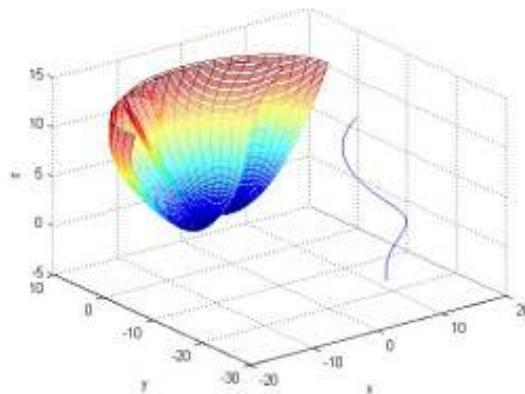


Рисунок 8 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 навколо осі криволінійної

Таким, чином, використання масиву, дозволить здійснити поворот точок з координатами (X_p, Y_p, Z_p) навколо відповідні точки перетину криволінійної осі з горизонтальною площиною, що проходить через відповідні координати $(0, 0, Z_p)$.

У цьому випадку не потрібно визначати мінімальне і максимальне значення координати Z криволінійної поверхні.

Висновки

Створені комп'ютерні моделі нової кінематики зачеплення для формування спряжених криволінійних поверхонь необхідної форми. А також наблизились до рішення проблеми підвищення точності профілювання і підвищення продуктивності конструкторських робіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. А. Н. Подкорытов. «Исключение интерференции сопряженных поверх-ностей зубчатых передач», - INTERNATIONAL CONGRES - GEAR TRANSMISSIONS, Sofia - BULGARIA, 1995г., с.143-145
2. Подкорытов А. М., Исмаилова Н. П. Теоретичні основи спряжених квазігвинтових поверхонь, що виключають інтерференцію», - монографія – Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2016. – 330 с.

REFERENCES

1. A. N. Podkorytov. «Yskliuchenye ynterferentsyy sopriazhennykh poverkh-nostei zubchatykh peredach», - INTERNATIONAL CONGRES - GEAR TRANSMISSIONS, Sofia - BULGARIA, 1995h., s.143-145
2. Podkorytov A. M., Ismailova N. P. Teoretychni osnovy spriazhenykh kvazihvyntovykh poverkhon, shcho vykliuchaiut interferentsiiu», - monohrafiia – Kherson : FOP Hrin D. S., 2016. – 330 s.

Исмаилова Неллі Петрівна - д-р техн.наук, доцент, заступник завідуючого кафедри інженерної механіки, Nelly969@ukr.net; Військова академія (м.Одеса) <https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>.

Елисеєв Ігор Петрович – здобувач, кафедри технології матеріалів і судноремонту, Національний університет "Одеська морська академія" <https://orcid.org/0000-0002-1106-7230>.

Н. П. Исмаилова¹
И. П. Елисеєв²

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМНООГИБАЮЩИХ СОПРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Военная академия (г. Одесса)¹
Национальный университет «Одесская морская академия»²

Геометрическое моделирование сопряженных поверхностей для практического использования в проектировании изделий, имеющих пространственно-сложную поверхность тесно связанную с образованием взаимнооггибающих сопряженных поверхностей.

На современном этапе бурного развития сложных конструкций машин и аппаратов при сложном взаимодействии их частей широко используются методы начертательной геометрии в решении различных сложных технических задач. Одним из распространенных методов формирования геометрических объектов является геометрическое моделирование, что позволяет в период творческого создания конструкции, еще на стадии проектирования, желаемую геометрию изделия, определение характеристик контакта сопряженных кинематических пар систем сложных движений и решить многие другие задачи. Поскольку поверхность сопряженные, то каждую из данных поверхностей можно представить как обводной по отношению ко второй подвижной поверхности.

В работе предлагается оптимизировать процесс создания универсальных графических инструментов, где есть по сути графическое изображение параметров кинематических сопряженных 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.

Теория оггибающих поверхностей получила дальнейшее развитие в вопросах проектирования сопряженных кинематических поверхностей. По вопросам проектирования режущего инструмента на базе кинематической винта профилирования 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.

Графические методы позволяют наглядно представить процесс получения профиля детали, дать анализ влияния каждого параметра на профиль и его конструктивные размеры, где без усилий можно выявить ошибки профилирования сопряженных кинематических поверхностей. Для точного проектирования необходимо выполнение довольно многочисленных геометрических построений, где сопровождается внесением вполне объективным ошибок, избежать которых можно, и также требует существенной творческой подготовки, чему и посвящена эта статья.

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

Исмаилова Нелля Петровна – д-р техн.наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой инженерной механики, Nelly969@ukr.net; Военная академия (г. Одесса) <https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>.

Елисеєв Ігорь Петрович – соискатель, кафедры технологии материалов и судноремонта Национальный университет "Одесская морская академия" <https://orcid.org/0000-0002-1106-7230>.

N. Ismailova¹
I. Yelisyeyev²

MODELING OF MUTUALLY BENDING CONJUGATED SURFACES

Military Academy (Odessa)¹
National University "Odessa Maritime Academy"²

Geometric modeling of mating surfaces for practical use in the design of products having a spatially complex surface that is closely associated with the formation of mutually bending mating surfaces.

At the present stage of rapid development of complex designs of machines and apparatuses with the complex interaction of their parts, descriptive geometry methods are widely used in solving various complex technical problems. One of the common methods for the formation of geometric objects is geometric modeling, which allows the desired geometry of the product, determination of the contact characteristics of the conjugated kinematic pairs of systems of complex movements and during many other tasks during the creative creation of the structure, even at the design stage. Since the surface is conjugated, each of these surfaces can be represented as bypassed with respect to the second movable surface.

The paper proposes to optimize the process of creating universal graphic tools, where there is essentially a graphic image of the parameters of kinematic mating surfaces, changing one of which leads to a change in the other, opens up the possibility of obtaining the shapes of parts with predetermined parameters. You should include suggestions in expanding the capabilities of the screw diagram [1], taking into account the real picture of kinematics during design, which, if the distance between the axes of the screws 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 theory of envelope surfaces was further developed in the design of conjugate kinematic surfaces. Concerning the design of a cutting tool based on a kinematic screw, profiling consists in the fact that from graphical constructions at any stage of design, it is easy to go over to the calculation using the analytical method, if necessary, checking or accurately determining the parameters.

Graphic methods allow you to visualize the process of obtaining the profile of the part, to analyze the influence of each parameter on the profile and its design dimensions, where effortlessly you can identify the profiling errors of conjugate kinematic surfaces. For accurate design, it is necessary to carry out quite a number of geometric constructions, where it is accompanied by the introduction of completely objective errors that can be avoided, and also requires substantial creative preparation, which this article is devoted to.

Keywords: conjugate surfaces modeling, kinematic surfaces, cutting tool, kinematic screw, screw diagram, invariant method, parametric kinematic screw, parametric surfaces.

Ismailova Nella – Doctor of Technical Science, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Engineering Mechanics, Nelly969@ukr.net; Military Academy (Odessa), <https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>.

Eliseev Igor – applicant, Department of Materials Technology and Ship Repair National University "Odessa Maritime Academy", <https://orcid.org/0000-0002-1106-7230>.