

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ КІНЕМАТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Національний університет «Одеська морська академія»

У роботі пропонується геометричне моделювання спряжених кінематичних поверхонь для практичного використання в машинобудуванні, які мають просторово-складну поверхню тісно пов'язану з утворенням взаємно-огиначаючих спряжених поверхонь на базі кінематичного гвинта.

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 машин, ще на стадії проектування, бажану геометрію виробу, визначення характеристик контакту спряжених кінематичних пар систем складних рухів та вирішити багато інших завдань. Оскільки поверхня обробної деталі і ріжучого інструменту є спряженні то кожному з даних 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 пар, зміна одного з яких призводить до зміни інших, відкриває можливість отримання форм деталей, наперед заданими параметрами. Слід долучити побажання в розширенні можливостей діаграми гвинта з урахуванням реальної картини кінематики зачеплення, яка при зміні відстані між осями гвинтів давала б реальне уявлення про зміну геометрії зачеплення в кожній точки миттєвого руху коліс.

Теорія огиначаючих поверхонь отримала подальший розвиток в питаннях профілювання 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.

Постановка проблеми. Одне з основних напрямків нарисної геометрії - формування складних спряжених кінематичних поверхонь - нерозривно пов'язане зі всіма галузями і видами виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Впровадження більш сучасної технології обробки виробів в гнучких автоматизованих виробництвах, на обробних модулях, у свою чергу, вимагає розробки ефективних методів геометричного і математичного моделювання спряжених кінематичних поверхонь, що виключають інтерференцію.

У роботах П. Кормака [1], Ф. Альтмана [2], О.Ф.Ніколаєва [3], А.М.Подкоритова [4] викладені способи графічної ручної побудови характеристики спряжених аксоїдів. Сучасний рівень і темп виробництва вимагають автоматизації цього процесу не тільки з метою підвищення продуктивності, але і підвищення точності конструювання кінематичних поверхонь проєктованих виробів.

Формування цілей та завдання статті. Розробити геометричне моделювання спряжених кінематичних поверхонь, що виключають інтерференції на стадії проєктування, на базі кінематичного гвинта.

Основна частина. Базою для розвитку наукових основ геометричного моделювання спряжених кінематичних поверхонь, є: теорема проф. Подкоритова А. М. визначення точок контакту спряжених поверхонь: **«Якщо кожному з спряжених поверхонь Σ_A і Σ_B розглядати як огинаючу сімейства попарно спряжених миттєвих аксоїдів Φ_A^i і Φ_B^j , задовольняють діаграмі кінематичного гвинта, то кожна точка контакту поверхонь Σ_A і Σ_B визначається, як точка дотику лінії контакту аксоїдів з поверхнею Σ_A ».**

Побудова діаграми гвинта (\check{N}, h, ω_C) , еквівалентного обертанню навколо осей A і B , віддалених від точки C на відстанях a і b з кутовими швидкостями ω_A и ω_B . З повздовжньої точки C площини креслення (Рис.1) проводимо відрізок $CK=h$, рівний периметру гвинта. Через точку K проводимо пряму, перпендикулярну до CK , на якій відкладаємо відрізки $KA=a$ і $KB=b$. Точки A , C , і B сполучаємо і проводимо через них окружність. Довільну точку окружності O спряженою з A , C і B . отримуємо вісь гвинта OC і вісі складових обертань OA і OB у відповідних кутових положеннях.

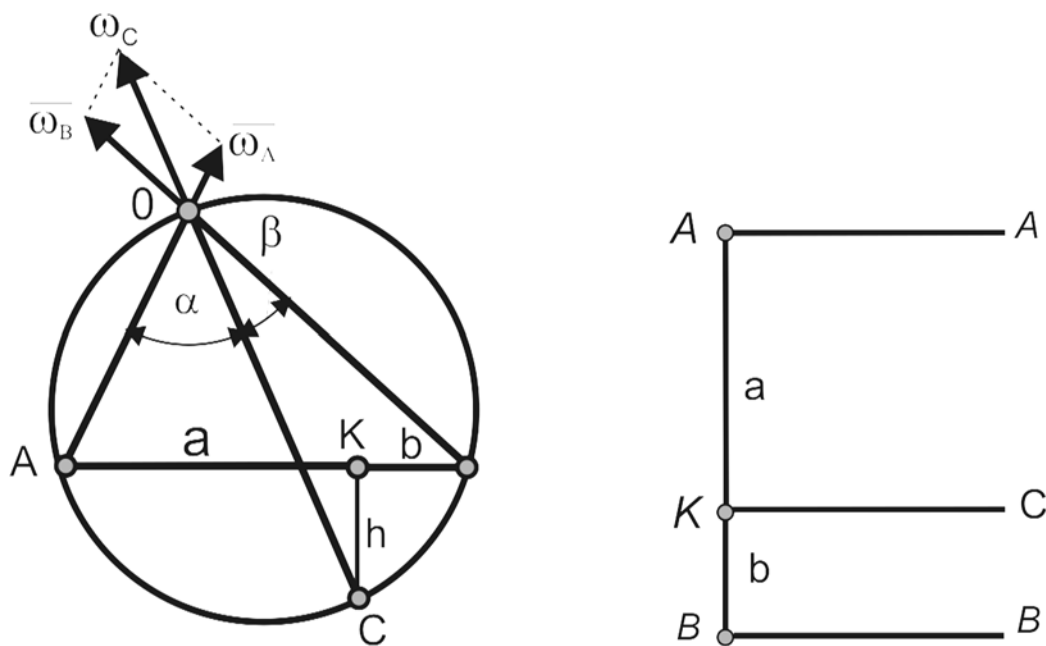


Рис. 1. Побудова діаграми гвинта

Кутові швидкості обертань навколо осей C , A і B визначаються з трикутника CAB за правилом: кутова швидкість обертання навколо будь-якої з осей C , A і B пропорційна стороні трикутника кутових швидкостей CAB , яка лежить навпроти вершини, що має найменування тієї осі, по відношенню до якої кутова швидкість обертання збільшується. Швидкість ковзання u визначається як подвоєна площа трикутника ABC . Якщо кутові швидкості обертань ω_A і ω_B відкласти в деякому масштабі від точки O до осей A і B , то кутова швидкість ω_A і ω_B лежатиме на осі C і в тому ж масштабі виражати ω_C .

На завершення ще раз підкреслимо, що діаграма кінематичного гвинта поєднує в собі як найкоротшу відстань між осями A і B , так і площину паралелограма кутових швидкостей, перпендикулярну до AB .

Розробка геометричної моделі в 3D (Рис.2) спряжених кінематичних поверхонь базується на геометричному, математичному моделюванні, а також на теоремі професора А.Н. Подкоритова для формування спряжених кінематичних поверхонь:

Пропонується наступний алгоритм стосовно найбільш загального випадку побудови характеристики спряжених кінематичних поверхонь за допомогою параметричного кінематичного гвинта для формування спряжених аксоїдів заданих 13 взаємозв'язаними параметрами.

Алгоритм побудови:

1. AB - відстань між мимобіжними осями i та j (задана вручну);
2. h_1 - крок гелікоїда Σ_A (заданий вручну);
3. h_2 - крок гелікоїда Σ_B (заданий вручну);
4. γ - кут між мимобіжними осями i та j (заданий вручну);
5. ω_A - швидкість обертання осі i (задана вручну);

6. ω_B - швидкість обертання осі j (задана вручну).

Необхідно визначити:

7. a - відстань між мимобіжними осями i та m (отримана автоматично);
8. b - відстань між мимобіжними осями j та m (отримана автоматично);
9. f - передатне відношення ($f=a/b$);
10. α - кут між мимобіжними осями i та m (отриманий автоматично);
11. β - кут між мимобіжними осями j та m (отриманий автоматично);
12. h_m - крок гелікоїда Φ (отриманий автоматично);
13. ω_m - швидкість обертання осі m (отримана автоматично).

Таким чином, для формування діаграми параметричного кінематичного гвинта в системі САПР Autodesk Inventor достатньо задати параметри AB , h_1 , h_2 , γ , ω_A і ω_B , решта параметрів отримана автоматично (Рис.2).

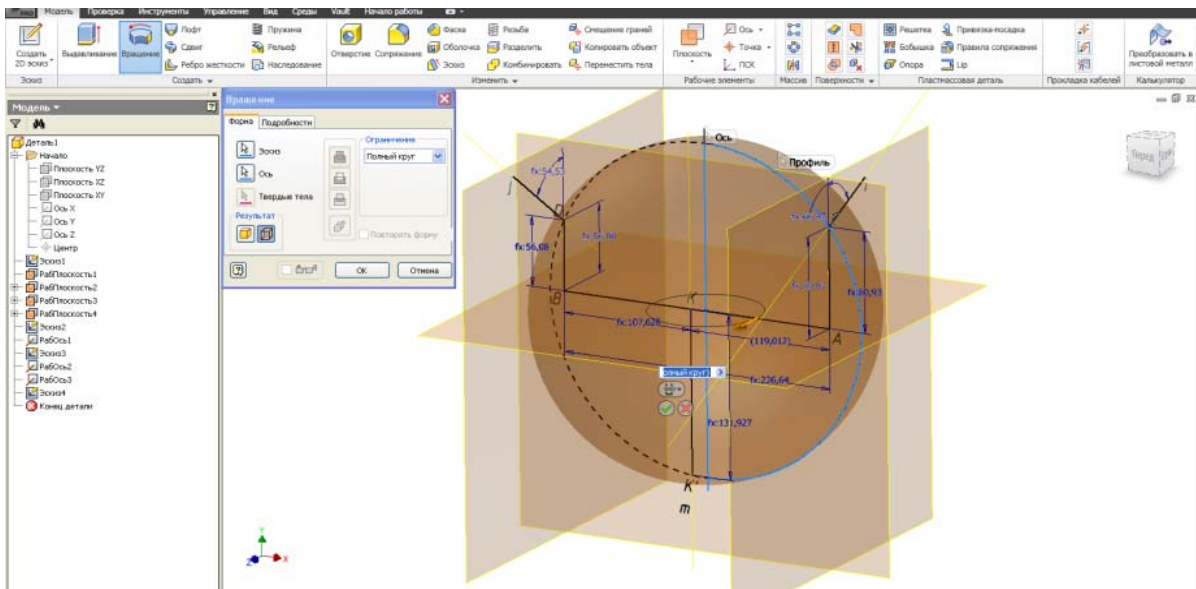


Рис.2. Отримана модель параметричного кінематичного гвинта в 3D

При профілізації кожної точки контакту спряжених кінематичних поверхонь Σ_A і Σ_B вирішується геометрична задача за визначенням загальної точки K спряжених поверхонь $\Sigma_A, \Phi_A, \Sigma_B, \Phi_B$. Точка контакту K спряжених кінематичних поверхонь визначається як точка перетину характеристик $s_A = \Sigma_A \cap \Phi_A$ і $s_B = \Sigma_B \cap \Phi_B$, т.е. $K = s_A \cap s_B$. Точка K дійсно є загальною точкою контакту 4-х спряжених поверхонь:

Точка K належить площинам Σ_A і Φ_A оскільки вона лежить на лінійній характеристиці s_A , спряжених площин Σ_A і Φ_A .

- Точка K належить площинам Σ_B і Φ_B , так як вона лежить на лінійній характеристиці s_B , спряжених площин Σ_B і Φ_B .

Отже, точка K належить 4-м спряжених площинам $\Sigma_A, \Phi_A, \Sigma_B, \Phi_B$.

Розглянемо суть формування геометричної моделі спряжених кінематичних поверхонь Σ_A і Σ_B з лінійною просторовою характеристикою з осями, що перехрещуються, і різними гвинтовими параметрами.

Кінематична спряжена поверхня Σ_A задана:

а) рівнянням криволінійної твірної

$$\bar{r} = \bar{r}(\tau); \quad \tau_0 \leq \tau \leq \tau_1$$

б) віссю

$$\vec{a}(\lambda) = \bar{n}_A + \bar{\rho}_A \lambda, \quad \bar{\rho}_A \cdot \bar{\rho}_A = 1$$

в) параметром гвинта $h_A(\tau)$

Кінематична спряжена поверхня Σ_A геометричної моделі розглядається, як огинаюча сім'ї Φ^i_A . В якості миттєвих аксоїдів використовуються гелікоїди, циклічні гвинтові поверхні, однополосні гіперболоїди, конічні і циліндричні поверхні обертання. Аналітично визначаються сім'ї Φ^i_A , що огинають поверхню Σ_A . Для кожного аксоїду Φ^i_A , що входить до сім'ї, визначається аксоїди Φ^j_B . Поверхня Σ_B , що огинає всі побудовані спряжені аксоїди Φ^j_B і буде шуканою гвинтовою поверхнею Σ_B , спряженою із заданою гвинтовою поверхнею Σ_A .

Кожна точка просторової лінійної характеристики спряжених кінематичних поверхонь Σ_A і Σ_B розглядається як точка дотику характеристик s_1, s_2, \dots, s_n аксоїдів Φ^i_A і Φ^j_B з поверхнею Σ_A [4].

З теорією гвинтів відомо, що через кожну точку контакту проходить загальна нормаль спряжених кінематичних поверхонь Σ_A і Σ_B , яка є променем просторового лінійного комплексу гвинта відносного руху поверхонь Σ_A і Σ_B . Тому в точках контакту K_1, K_2, \dots, K_n відносно характеристик s_1, s_2, \dots, s_n спряжених аксоїдів Σ_B будуть загальні нормалі для спряжених кінематичних поверхонь, тобто точки K_1, K_2, \dots, K_n належатимуть просторовій лінії контакту поверхонь Σ_A і Σ_B .

Висновки. Виконано дослідження в області проектування спряжених кінематичних поверхонь. У процесі досліджень автоматизовані характеристики спряжених аксоїдів заданих 13 взаємозв'язаними параметрами параметричного кінематичного гвинта з урахуванням виключення інтерференції на стадії проектування, стосовно сучасним технологіям обробки на верстатах.

Література

1. *Altman F. G.* Bestimmung des Zahnflankeneingriffs bei allgemeinen Schraubenge trieben. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens / F. G. Altman // 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. *Подкоритов А.Н.* Кинематический метод огибающих геликоидов при определении интерференции и профилировании червячных фрез // В кн.: Пути повышения качества металлорежущих инструментов. – Омск, 1974. – С. 192 – 203.

5. *А.М. Подкоритов, Ісмаїлова Н.П.* Основи формування поверхонь // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійська державна агротехнічна академія – Вип. 7, т.38. – Мелітополь: ТДАТА, 2008. С.16-20.

6. *Ісмаїлова Н. П.* Графічний спосіб профілізації евольвентного арочного зачеплення того, що виключає інтерференцію [Текст] / Ісмаїлова Н. П. // Прикладна геометрія та інженерна графіка : міжв. наук.-техн. зб. – К. : КНУБА, 2012. – Вип. 89 – С. 184 – 187.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ КИНИМАТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

И.П. Елисеев

В работе предлагается геометрическое моделирование сопряженных кинематических поверхностей, для практического использования в машиностроении, которые имеют пространственно-сложную поверхность тесно связанную с образованием взаимно-огibaющих сопряженных поверхностей на базе кинематического винта.

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, позволяющее в период творческого создания машин, еще на стадии проектирования, желаемую геометрию изделия, определить сопряжение кинематических пар систем сложных движений и решить многие другие задачи. Поскольку поверхность обрабатываемой детали и режущего инструмента является сопряженной, то каждую из данных поверхностей можно представить как огибающей по отношению ко второй подвижной поверхности.

В работе предлагается оптимизировать процесс созданием универсальных графических инструментов, где представляет собой по сути графическое изображение параметров кинематических сопряженных пар, изменение одного из которых приводит к изменению других, открывает возможность получения форм деталей наперед заданными параметрами.

Следует приобщить пожелание в, расширении возможностей диаграммы винта с учетом реальной картины кинематики зацепления, которая при изменении расстояния между осями винтов давала бы реальное представление об изменении геометрии зацепления в каждое мгновенное движения колес.

Теория огибающих поверхностей получила дальнейшее развитие в вопросах профилирования режущего инструмента. По вопросам проектирования режущего инструмента графоаналитическим методом 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 конструктивные размеры, где легко можно выявить ошибки профилирования сопряженных кинематических поверхностей. Для точного проектирования необходимо выполнения достаточно многочисленных геометрических построений, где сопровождается внесением вполне объективных ошибок, избежать которых можно и также требует существенной творческой подготовки, чему и посвящена данная статья.

Ключевые слова: моделирование сопряженных поверхностей; кинематические поверхности; режущий инструмент; линейный и точечный контакт

GEOMETRIC MODELING OF CONJUGATED KINIMATIC SURFACES

I. Yelisyeyev

The paper proposes geometric modeling of conjugate kinematic surfaces for practical use in mechanical engineering, having a spatially complex surface that is closely associated with the formation of mutually enveloping conjugate 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 during the creative creation of machines, even at the design stage, to determine the conjugation of the kinematic surfaces of systems of complex movements and solve many other problems. Since the surface of the machining part and the

cutting tool is conjugated, each of these surfaces can be represented as an envelope with respect to the second movable surface.

The paper proposes to optimize the process by creating universal graphic tools, which essentially represents a graphic image of the parameters of kinematic conjugate pairs, changing one of which leads to a change in the other, opens up the possibility of obtaining shapes of parts with predetermined parameters. The wish should be attached to expand the capabilities of the propeller diagram, taking into account the real picture of the kinematics of engagement, which, when the distance between the axes of the screws changes, would give a real idea of the change in the geometry of the engagement in each instant wheel movement.

The theory of envelope surfaces was further developed in matters of profiling of a cutting tool. Concerning the design of a cutting tool by the graphic analytic method of profiling, it follows that from graphical constructions at any stage of design, it is easy to go over to the calculation by 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 structural dimensions, where it is easy to identify the profiling errors of the conjugate kinematic surfaces. For accurate design, it is necessary to perform quite a number of geometric constructions, where it is accompanied by the introduction of completely objective errors, which can be avoided and also requires substantial creative preparation, which this article is devoted to.

Keywords - modeling of mating surfaces, kinematic surfaces, cutting tools, linear and point contact