

УДК 514.18:631.31

В.П. ЮРЧУК, П.М. ЯБЛОНСЬКИЙ

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СПРЯЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ПРИ КОЧЕННІ
БЕЗ КОВЗАННЯ В СИСТЕМІ "ВИЛКА–ДИСК"**

Проаналізовано можливість взаємного визначення однієї спряженої поверхні за існуючими геометричними параметрами іншої. Зокрема, запропоновано визначення параметрів спряжених поверхонь при коченні без ковзання в системі "вилка–диск" з використанням діаграми кінематичного гвинта, яка визначає умови спряження досліджуваних поверхонь та наведений алгоритм побудови даної діаграми.

Ключові слова: спряжені поверхні, діаграма кінематичного гвинта, явище інтерференції, робочі органи сільськогосподарських машин, система "вилка–диск".

В.П. ЮРЧУК, П.Н. ЯБЛОНСКИЙ

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОПРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ КАЧЕНИИ
БЕЗ СКОЛЬЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ "ВИЛКА–ДИСК"**

Проанализировано возможность взаимного определения одной сопряженной поверхности по существующим геометрическим параметрам другой. В частности, предложено определение параметров сопряженных поверхностей при качении без скольжения в системе "вилка–диск" с использованием диаграммы кинематического винта, которая определяет условия сопряжения исследуемых поверхностей и приведен алгоритм построения данной диаграммы.

Ключевые слова: сопряженные поверхности, диаграмма кинематического винта, явление интерференции, рабочие органы сельскохозяйственных машин, система "вилка–диск".

V. YURCHUK, P. YABLONSKYI

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**PARAMETERS' DETERMINATION FOR CONJUGATE SURFACES ON ROLLING MOVEMENT
WITHOUT SLIDING IN "CRADLE-DISK" SYSTEM**

The possibility of mutual determination of one conjugate surface according to the existing geometric parameters of another is analyzed. In particular, it is proposed to determine the parameters of conjugate surfaces during rolling without sliding in the "cradle-disk" system using a diagram of a kinematic screw, which determines the conditions of conjugation of the studied surfaces and gives an algorithm for constructing this diagram.

Keywords: conjugate surfaces, diagram of a kinematic screw, interference phenomenon, working bodies of agricultural machines, "cradle-disk" system.

Постановка проблеми

Суттєвим недоліком сучасних методів конструювання робочих органів ґрунтообробних машин є певний традиційний підхід науковців та інженерів-конструкторів, що пов'язано з використанням раніше відомих методів. Одним із ефективних методів, які використовують у машинобудуванні, є метод спряження поверхонь. В сільськогосподарському машинобудуванні він також раціонально став використовуватись при геометричному моделюванні робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь, а саме при аналітичному конструюванні вильчатих та дискових копачів коренезбиральних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Нові методи конструювання та отримані відповідно до них геометричні форми робочих органів будуються на базі експериментального підбору, виготовлення великої кількості дослідних зразків та подальшого їх випробування у різних технологічних режимах. Із великої кількості методів проектування лише незначна їх частина базується на графоаналітичних та аналітичних залежностях робочих поверхонь від агротехнічних вимог (методи Гячева Л.В., Буромського В.І. та ін.), які є основою алгоритмів конструювання даних поверхонь в графічному та аналітичному виглядах.

Аналіз останніх досліджень вказує на раціональність використання теорії спряження при проектуванні нових робочих поверхонь та при коригуванні поверхонь існуючих викопуючих робочих органів коренезбиральних машин [1-4].

Мета дослідження

Метою даного дослідження є взаємне визначення однієї спряженої поверхні за існуючими геометричними параметрами іншої з використанням діаграми кінематичного гвинта, яка визначає умови спряження досліджуваних поверхонь, зокрема, у системі "вилка–диск".

Викладення основного матеріалу дослідження

Кінематичним гвинтом у загальному вигляді називається плоске зображення 3-х гелікоїдальних поверхонь [5– 6]. Кінематичний гвинт знаходить широке застосування при профілюванні зубчастих передач, при розробці конструкцій складного різального інструменту (багатозахідних чистових черв'ячних фрез), при проектуванні поверхонь робочих органів сільськогосподарських машин та ін.

Самими поширеними поверхнями серед гвинтових, які використовуються в сільськогосподарському машинобудуванні, є гелікоїдальні поверхні [7]. Для взаємного визначення однієї спряженої поверхні за існуючими геометричними параметрами іншої, необхідно знати характер їх відносного руху. В теорії машин та механізмів існує два варіанти відносного руху:

- а) кочення поверхонь одна по одній;
- б) кочення з ковзанням.

Відомо, що в першому випадку при коченні без ковзання відносним рухом твірної є обертальний рух, який можна визначити двома параметрами – a та ω , де a – вісь обертання; ω – кутова швидкість.

При коченні поверхонь з ковзанням відносними рухами твірної l є миттєвий гвинтовий рух, який визначається наступними параметрами:

h – гвинтовий параметр поверхні, який дорівнює: $h = u/\omega$;

u – швидкість поступального руху;

ω – кутова швидкість твірної навколо осі a гвинтової поверхні.

При конструюванні однієї поверхні за базовою поверхнею, яка є моделлю наперед визначених агротехнічних вимог, необхідно виключити явище інтерференції, тобто процесу входження поверхні вилкового копача в поверхню дискового (чи при внутрішньому зачепленні – виходу із нього).

Для забезпечення цієї умови необхідно в системі "вилка–диск" використати діаграму кінематичного гвинта, яка визначає умови спряження досліджуваних поверхонь. Вихідною поверхнею в цьому випадку є базовий евольвентний гелікоїд вилкового копача, головними (основними) геометричними параметрами якого є:

1. Евольвентний гелікоїд $\Sigma_1(a, h_1, \omega_1)$, де a – вісь обертання гелікоїда; h_1 – гвинтовий параметр твірної l навколо осі a .
2. Кут α між твірною l та віссю a .
3. ω_1 – кутова швидкість відносного обертання твірної l відносно осі a .
4. Відносний рух поверхонь – кочення без ковзання.
5. Радіус основного осевого циліндра евольвентного гелікоїда $\Sigma_1(a, h_1, \omega_1)$, який дорівнює: $r = h_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$.
6. Напрями обертань робочих поверхонь вилки та диска співпадають, оскільки знаки гвинтових параметрів за агротехнічними вимогами однакові.

Для отримання шуканого гелікоїда дискового копача необхідно за допомогою діаграми кінематичного гвинта розкласти гвинтовий рух (a, h_1, ω_1) на два рухи:

– обертання твірної відносно осі a — l, ω_a ;

– гвинтовий рух відносно шуканої осі — $\Sigma_2(b, h_2, \omega_2)$.

Таке розкладання запишеться формулою:

$$(a, h_1, \omega_1) \sim (l, \omega_a) - (b, h_2, \omega_2) \quad (1)$$

Використовуючи систему автоматизованого проектування AutoCAD, побудуємо діаграму кінематичного гвинта [8].

Алгоритм побудови наступний:

1. У вертикальному положенні відкладемо відрізок, який у відносному масштабі дорівнює параметру гвинта (рис. 1): $h_1 = u_1/\omega_1 = H_1K_1$.

2. З нижньої точки проводимо пряму, яка дорівнює: $AK = r_1 = h_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

3. Через точки A та H_1 проводимо промені AO та H_1O таким чином, щоб $\angle H_1OA = \alpha$.

4. Навколо трьох точок H_1, O, A описуємо коло.

5. До перетину з колом проводимо пряму AK_1 і отримуємо точку B .

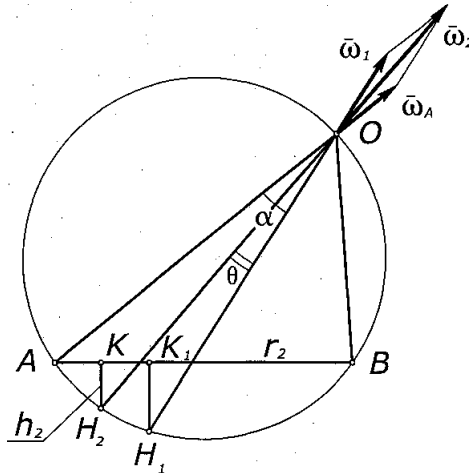


Рис. 1. Визначення параметрів спряжених поверхонь при коченні без ковзання

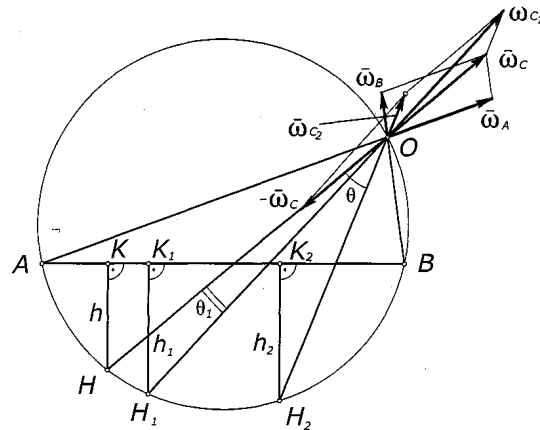


Рис. 2. Визначення параметрів робочих поверхонь, які мають форму евольвентних гелікоїдів

6. У відносному масштабі відкладаємо на променях AO та H_1O відповідно вектори кутових швидкостей.
7. За правилом паралелограма визначаємо величину та напрям вектора кутової швидкості $\overline{\omega_2}$ шуканої поверхні Σ_2 .
8. З точки O за напрямом отриманої швидкості $\overline{\omega_2}$ проводимо пряму до перетину з колом в точці H_2 .
9. З отриманої точки H_2 проводимо пряму, перпендикулярну прямій AK_1 , до перетину в точці K_2 .

Отримана діаграма кінематичного гвинта дозволяє визначити наступні параметри спряженої шуканої поверхні $\Sigma_2(b, h_2, \omega_2)$:

1. Довжину відрізка H_2K_2 , який у відносному масштабі дорівнює гвинтовому параметру h_2 шуканого спряженого гелікоїда $\Sigma_2(b, h_2, \omega_2)$.
2. Довжину відрізка K_1K_2 , який дорівнює шуканій відстані між осями a та b спряжених поверхонь в системі "вилка-диск".
3. Кут Θ між осями OH_1 та OH_2 спряжених поверхонь вилкового Σ_1 та дискового Σ_2 копачів.
4. Розмір та напрям кутової швидкості ω_2 шуканої поверхні Σ_2 .
5. Радіус основного осьового циліндра $r_2 = BK_2$ поверхні Σ_2 .
6. Значення кута β між твірною l та віссю $b(OH_2)$ поверхні Σ_2 .

Висновки

Значною перевагою при використанні діаграми кінематичного гвинта є те, що, використовуючи отримане графічне рішення даної задачі, можна вирішити обернену задачу [9]: за відомими геометричними параметрами дискового копача отримати параметри спряженої поверхні вилкового копача.

Цю задачу можна записати наступним алгоритмом:

$$(b, h_2, \omega_2) \sim (l, \omega_a) - (a, h_1, \omega_1) \quad (2)$$

Для дослідників та інженерів-конструкторів ґрунтообробних машин та знарядь така інформація може слугувати вихідною для проведення пошуку при побудові нових поверхонь чи при коригуванні поверхонь існуючих викопуючих робочих органів коренезбиральних машин.

Список використаної літератури

1. Яблонський П.М. Використання теорії спряжених поверхонь при конструюванні сільськогосподарських знарядь / П.М. Яблонський, А.М. Подкоритов, В.П. Юрчук // Сучасні проблеми моделювання. — Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. — Вип. 8. — С. 159-164.
2. Юрчук В.П. Підвищення ефективності коренезбиральних машин методами використання спряжених поверхонь / В.П. Юрчук, А.М. Підкоритов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К.: КДТУБА, 1998. — Вип. 63. — С. 30-32.
3. Юрчук В.П. Спряжені поверхні в геометричних моделях формотворення робочих органів коренезбиральних машин : автореф. дис. на здобуття наук ступеня доктора техн. наук : спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / В.П. Юрчук. — Київ, 2002. — 36 с.
4. Яблонський П.М. Геометричне моделювання поверхонь ґрунтообробних знарядь дискового типу з урахуванням явища інтерференції автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / П.М. Яблонський. — Мелітополь, 2011. — 25 с.
5. Подкорытов А.Н. Определение параметров кинематического винта сопряженных поверхностей / А.Н. Подкорытов, А.Ю. Браилов // Прикладная геометрия и инженерная графика. — К.: КГТУСА, 1996. — Вып. 59. — С.37-39.
6. Подкорытов А.Н. Сопряжение эвольвентных геликоидов / А.Н. Подкорытов, А.Ю. Браилов, В.М. Тигарев // Современные проблемы геометрического моделирования / — Мелітополь: ТГАТА, 1997. — Ч. 1. — С. 21-26.
7. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинский // — Львов: Высш. шк. Изд-во при Львов. Ун-те, 1989. — 175 с.
8. Тигарев В.М. Автоматизоване формування спряжених поверхонь вищих кінематичних пар : автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук : спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / В.М. Тигарев. — Київ, 2000. — 18 с.
9. Юрчук В.П. Рішення прямої і оберненої задачі проектування спряжених робочих поверхонь коренезбиральних машин / В.П. Юрчук // Труды Таврической государственной агротехнической академии. — Мелітополь. — 1999. — Вып.4. — Т. 10. — С. 70-72.