

УДК 515.2:624.02

В.П. Юрчук, д-р техн. наук, М.В. Грубич,
НТУУ „Київський політехнічний інститут”

ФОРМОТВОРЕННЯ ГВИНТОВИХ КОПАЧІВ ШЛЯХОМ СПРЯЖЕННЯ КОНІЧНИХ ВИХІДНИХ ПОВЕРХОНЬ

В даних дослідженнях пропонується для використання новий метод проектування гвинтових поверхонь робочих органів коренезбиральних машин, який базується на теорії спряження двох поверхонь, в яких твірною базовою поверхнею є конічна.

Постановка проблеми. В сучасному загальному та сільськогосподарському машинобудуванні існує гостра необхідність створення нових методів конструювання гвинтових робочих поверхонь. Одним із таких методів є метод спряження, який є основою для використання ЕОМ при моделюванні та конструюванні гвинтових робочих поверхонь.

Аналіз останніх досліджень. При проектуванні поверхонь ґрунтообробних знарядь, до яких відносяться викопувальні робочі органи (далі ВРО) коренезбиральних машин, важливе значення мають геометричні параметри та орієнтація вихідних або базових робочих поверхонь. Перш за все, це стосується величини кутів установки робочих поверхонь відносно площини поля та осі рядка коренеплодів, взаємного розміщення спарених між собою витискних копачів а також їх кінематичних характеристик. Вцілому таку взаємодію назвати як систему „вилка-диск”, оскільки вильчата поверхня є вихідною базовою поверхнею, а поверхня диска – шуканою[1].

Таким чином, робочі поверхні витискних копачів однозначної взаємодії ВРО, які теоретично в одній зоні і в одному напрямку діють на ґрунтовий моноліт з розміщеними в ньому коренеплодом, є спряженими між собою. Визначення взаємної орієнтації поверхонь дискового та вильчатого копачів як спряжених між собою говорить про те, що між ними існує аналогія черв'ячного просторового зачеплення. Відомо, що черв'ячне зачеплення даних поверхонь є просторовим з мимобіжними осями, в якому формотворення поверхонь відбувається методом обкатки [2]. Для їх профілювання, тобто взаємовизначення поверхонь в системі „вилка-диск” справедливими та обов'язковими є основні положення теорії спряжених поверхонь:

- спряжені поверхні в точках дотику мають спільну нормаль;
- вектор нормалі, проведеної через точку дотику спряжених поверхонь, проходить через полюс профілювання;

форма профілю спряжених поверхонь визначається як огинаюча послідовних положень спряженого профілю в кінематичній парі.

Формулювання цілей статті. Дійсно, дисковий копач, маючи орієнтацію шпиль дії на ґрунтовий моноліт з коренеплодами подібну орієнтації зачепів коренезабірника, базова конічна робоча поверхня якого знаходиться на тій же

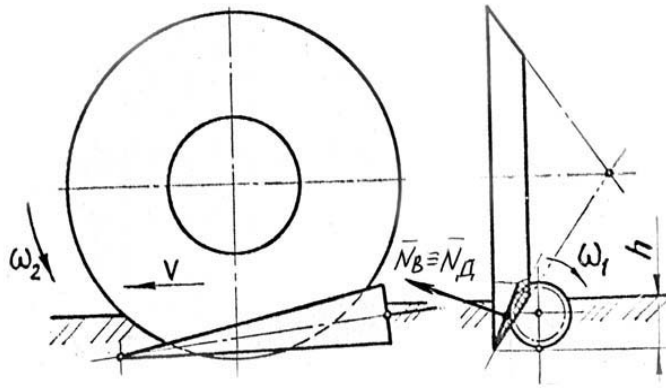


Рис. 1. Схема взаємодії поверхонь

міститься в збігу напрямів сил дії на ґрунтовий моноліт та розміщені в ньому коренеплоди (рис. 1).

Основна частина. Розглянемо більш детально схему формотворення поверхні Σ_2 дискового копача вихідною твірною поверхнею Σ_1 вильчатого копача, який має базову

поверхню у вигляді конуса-вилки (рис. 2).

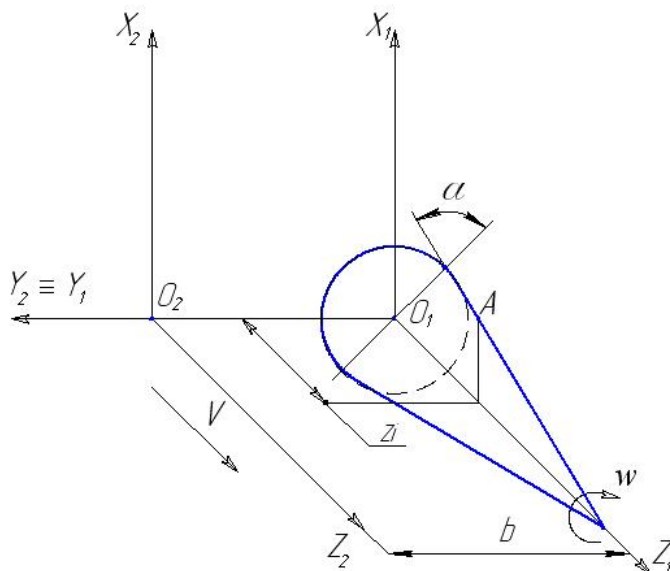


Рис. 2. Схема розміщення копачів
Саму шукану поверхню Σ_2

поверхню у вигляді конуса-вилки (рис. 2). Нехай кут при основі конуса поверхні Σ_1 вильчатого копача дорівнює α , а рух по відношенню до конічної базової поверхні дискового копача буде гвинтовим зі значенням гвинтового параметра p . Розмістимо спряжені поверхні ВРО копачів в системі координат $X_1Y_1Z_1$ так, що вісь Z_1 збігається з віссю a гвинтового переміщення вильчатої конічної поверхні Σ_1 .

дискового копача розмістимо в системі координат $X_2Y_2Z_2$. Відстань між осями координат Z_1 та Z_2 позначимо через b , тобто напрямні орти координатних систем паралельні між собою [3].

Алгоритм побудови точок шуканої поверхні Σ_2 буде наступним:

1. В зоні контакту поверхонь вильчатого Σ_1 та дискового Σ_2 вибираємо ряд точок параметра Z_0 , які визначають положення точок спряження відносно осі дискового копача Z_2 ;
2. За значенням параметра Z_0 розраховуємо відповідні значення R_i , які визначають відстані шуканих точок від осі Z_2 диска;
3. За допомогою рівняння контакту точок спряження $\cos t = p \operatorname{ctga} / b$ визначаємо величину кута t ;

Де t – змінний параметр параметр, який визначає положення шуканої точки на конусі, тобто на перерізі у вигляді кола радіусу R_i .

4. Підставляючи отримане значення параметра t у рівняння поверхні дискового копача, отримуємо координати Y_2Z_2 точок осьового перерізу шуканого профілю спиці дискового копача.
5. З'єднуємо отримані точки між собою і будуємо поперечний переріз спиці робочої поверхні дискового копача для певного значення параметра t ;
6. Аналогічно будуємо інші поперечні перерізи і отримуємо робочу поверхню спиці дискового копача Σ_2 у вигляді ділянок гвинтової поверхні. Кількість таких ділянок визначається кількістю спиць на дисковому копачі [4].

Зупинимось більш детально на виведенні формули контакту точок спряження. Відомо, що для спряжених поверхонь в точці контакту вихідної поверхні Σ_1 та шуканої Σ_2 вектор \mathbf{n} нормалі до Σ_1 та вектор \mathbf{v} швидкості відносного руху точок ВРО в системі „вилка-диск” будуть розміщені перпендикулярно один відносно другого.

Математично цю залежність можна записати через скалярний добуток як:

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{v} = 0; \quad (1)$$

Якщо взяти довільну точку А, яка належить поверхні вильчатого копача, то її положення визначиться величиною радіуса R_i конічної вихідної поверхні Σ_1 та значенням Z_i відстані від площини XY , що у параметричній формі можна записати:

$$\begin{aligned} X &= R_i \cos t; \\ Y &= R_i \sin t; \\ Z &= Z_0 + Z_i; \end{aligned} \quad (2)$$

Векторне рівняння нормалі \mathbf{n} до конічної поверхні вильчатого копача (при умові, що його конічна поверхня має кут α при основі конуса) буде мати вигляд:

$$\mathbf{n} = \{ \sin \alpha \cos t; \sin \alpha \sin t; \cos \alpha \}; \quad (3)$$

Значення швидкості \mathbf{v} відносного руху довільної точки поверхні Σ_1 вильчатого конічного копача у системі координат $X_1Y_1Z_1$ визначається як сума двох рухів: обертального, навколо осі Z_2 гвинтового переміщення зі швидкістю v_ω та поступального v_z вздовж осі гвинтового руху.

Поступальна складова гвинтового руху вильчатого копача V_1 вздовж осі гвинтового переміщення записується у векторній формі слідуючим виразом:

$$v_z = \{0; 0; p\omega\}; \quad (4)$$

Тоді обертальна складова v_ω гвинтового переміщення вильчатого копача Σ_1 визначається як результат векторного добутку вектора кутової швидкості ω_1 і вектора \mathbf{N} . Цей вектор визначає відстань від осі обертання Z_2 до даної точки вихідної поверхні Σ_1 вильчатого копача.

Звідси маємо наступне:

$$v_\omega = \omega_1 \times \mathbf{N}; \quad \omega_1 = \{0; 0; \omega\}; \quad \mathbf{N} = \mathbf{b} - \mathbf{r}; \quad (5)$$

Де значення вектора \mathbf{r} визначається наступним рівнянням:

$$\mathbf{r} = \{R_i \cos t; R_i \sin t; Z_0 + Z_i\};$$

$$\mathbf{b} = \{0; -b; 0\}; \quad v_\omega = \{b\omega + R_i \sin t; -\omega R_i \cos t; 0\}; \quad (6)$$

Перетворивши математичні вирази, отримаємо кінцеве рівняння швидкості відносного руху системи „вилка-диск”:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_z + \mathbf{v}_\omega = \{b\omega + R_i \sin t; -\omega R_i \cos t; p\omega\}; \quad (7)$$

Підставивши отримані значення вектора нормалі n і вектора швидкості відносного руху V в рівняння контакту (1) отримаємо:

$$p\omega \cos \alpha + b\omega \sin t \sin \alpha + R_i \cos t \sin t \sin \alpha - R_i \omega \cos t \sin t \sin \alpha = 0;$$

Провівши математичні перетворення, отримаємо рівняння точок контакту:

$$\cos t = p \operatorname{ctga} / b; \quad (8)$$

Якщо розглянути рівняння контакту і первинної поверхні конічної вилки Σ_1 отримаємо характеристику E , координати якої в системі координат $X_2Y_2Z_2$ дорівнюють:

$$X_2 = X; \quad Y_2 = -(b - X); \quad Z_2 = Z; \quad (9)$$

Обертання характеристики Е навколо осі Z_2 шпичі дискового копача до її збігу з площиною $X_2 = 0$ отримуємо форму профілю шпичі дискового копача в осьовому перерізі, який описується наступною системою рівнянь:

$$Z_2 = Z + p\omega; R_2 = (r \sin \varphi)^2 + (b - r \cos \varphi)^2; \varphi = \pi/2 - t; r = |\mathbf{r}|; \quad (10)$$

В даній формулі величина R_2 є радіусом шуканої точки профілю поверхні Z_2 дискового копача.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Таким чином, в результаті вирішення поставленої задачі з використанням теорії спряження в системі „вилка-диск” існуючих копачів ВРО коренезбиральних машин, можна зробити наступні висновки:

1. Аналітично визначені параметри поверхонь шпичей диска, які належать робочим елементам поверхні дискового копача в системі „вилка-диск”.
2. Для дослідників та інженерів-конструкторів ґрунтообробних машин така інформація може служити вихідною для проведення пошуку при побудові спряжених поверхонь однозначної дії чи коригуванні існуючих поверхонь робочих органів сільськогосподарських машин [5].
3. Одночасно з цим, отримані геометричні моделі поверхонь в системі „вилка-диск” дозволять значно розширити пошук нових геометричних моделей копачів, оскільки сама гвинтова поверхня може бути утворена практично необмеженою кількістю вихідних базових поверхонь.
4. Останній фактор є дуже важливим для розвитку моделей пошуку нових поверхонь дії на ґрунт у землеробській механіці. Такі дії можуть бути наперед визначеними характеристиками та визначатись шляхом спряження різних видів поверхонь.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Підкоритов А.М., Юрчук В.П. Конструювання спряжених поверхонь вильчатого і дискового копачів шляхом застосування діаграми гвинта // Прикладна геометрія та інженерна графіка.- 1994.- Вип.56 - С. 28-29.
2. Юрчук В.П. Спряжені поверхні в геометричних моделях формотворення робочих органів коренезбиральних машин: Автореф. дис. ...докт. техн. наук, - К., 2002.- 36 с.
3. Солодкий В.І., Довжик Є.В. Утворення гвинтових поверхонь кінцевим інструментом // К., НТУУ ”КПІ”, Серія „Машинобудування”, 2009, Вип.57 - С. 107- 110.

4. *Завгородний А.Ф., Кравчук В.И, Юрчук В.П.* Геометрическое конструирование рабочих органов корнеуборочных машин.- Киев: Аграрна наука, 2004.- 240 с.

5. Патент України, №33212 МПК 6 А 01 В15/00. Спосіб визначення форми профілю робочої поверхні ґрунтообробних знарядь/ *А.В.Павлов, А.М.Підкоритов, В.П.Юрчук* (Україна).-№99010273; Заявлено 19.01.1999; Опубл. 05.05.1999р.- 3 с.

Аннотация

В данных исследованиях предлагается для использования новый метод проектирования винтовых поверхностей рабочих органов корнеуборочных машин, который базируется на теории сопряжения двух поверхностей, в которых образующей базовой поверхностью есть коническая.

Annotation

The article is dedicated to research of conjugate linear surfaces at designing of fissile end their automated formation.