УДК 631.31

В.В. ВАНІН, М.В. ГРУБИЧ, В.П. ЮРЧУК
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ ЗМІННОГО (АКСІАЛЬНОГО) КРОКУ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ ВИЛКОВИХ КОПАЧІВ

Проведено геометричне моделювання гвинтової поверхні змінного кроку при проектуванні робочих органів вилкового типу. Досліджені геометричні параметри даних копачів в аспекті конструювання робочих органів коренезбиральних машин. Подані в даній статті матеріали є основою для розробки відповідних геометричних моделей та комп'ютерних програмних засобів автоматизованого конструювання як робочих ґрунтообробних поверхонь, так і конкретних робочих органів.

Ключові слова: сільськогосподарське машинобудування, моделювання гвинтових поверхонь, поверхні змінного кроку, коренезбиральні машини, робочі органи, копачі вилкового типу, використання робочих органів.

В.В. ВАНИН, М.В. ГРУБИЧ, В.П. ЮРЧУК
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический інститут имени Игоря Сикорского"

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО (АКСИАЛЬНОГО) ШАГА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ВИЛЧАТЫХ КОПАТЕЛЕЙ

Проведено геометрическое моделирование винтовой поверхности изменяемого шага при проектировании рабочих органов вилочного типа. Исследованы геометрические параметры данных копателей в аспекте конструирования рабочих органов корнеуборочных машин. Представленные в данной статье материалы являются основой для разработки соответствующих геометрических моделей и программных средств автоматизированного конструирования как рабочих почвообрабатывающих поверхностей, так и конкретных рабочих органов.

Ключевые слова: сельскохозяйственное машиностроение, моделирование винтовых поверхностей, поверхности изменяемого шага, корнеуборочные машины, рабочие органы, копатели вилочного типа, использование рабочих органов.

V.V. VANIN, M.V. HRUBICH, V.P. YURCHUK
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute"

GEOMETRIC MODELING OF SWITCHING SURFACES OF THE CHANGED STEP FOR THE DESIGN OF VOLTAGE COPIES

A geometric modeling of the screw surface of the variable step was carried out in the design of the working bodies of the fork type. The geometric parameters of digging data in the aspect of constructing the working bodies of the cornicear machines are investigated. The materials presented in this article are the basis for the development of appropriate geometric models and computer software for automated design of both working soil-forming surfaces and specific working bodies.

Key words: agricultural machine building, modeling of screw surfaces, alternating step surfaces, rotational machines, working bodies, fork-type miners, use of working bodies.

Постановка проблеми

В сільськогосподарському машинобудуванні дуже важливе значення має форма робочої поверхні ґрунтообробного знаряддя. Основними факторами руйнації ґрунту, які сприяють процесу кришіння є перебудова самої структури грунту. Ця перебудова полягає як в руйнуванні старих, так і в створенні нових структурних зв'язків, а також у виникненні та розвиткумікротріщин. Все це активно впливає на агротехнічні показники всього ґрунтообробного знаряддя.

Мета дослідження

Метою даної публікації є дослідження основних властивостей гвинтової просторової кривої, яка є визначальною при геометричному моделюванні та конструюванні гвинтових поверхонь ґрунтообробних знарядь, до яких відносяться робочі поверхні коренезбиральних машин.

Головне завдання даної публікації полягає у вивченні геометричних властивостей гвинтових просторових кривих змінного кроку, які визначають основні властивості гвинтових поверхонь змінного кроку при конструюванні робочих органів ґрунтообробних знарядь. Відповідно до мети даної роботи, необхідно в загальному розглянути принципи побудови гвинтової кривої змінного (аксіального) кроку та її основні властивості.

Викладення основного матеріалу дослідження

Методи проектування робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь в своїй більшості малоефективні і базуються на емпіричному підході при визначенні параметрів їх поверхонь. Відсутність в таких методах взаємозв'язку між параметрами поверхні, що проектується, і основними агротехнічними вимогами, які пред'явлені до процесу функціонування знаряддя, не дозволяє отримувати робочі поверхні, що забезпечують високу якість виконання технологічного процесу обробку ґрунтового моноліту. При цьому необхідно відмітити, що зменшення радіуса кривини робочої поверхні знаряддя (тобто збільшення напрямків векторів трьохосного стискання) сприяє більш активній дії на ґрунтовий моноліт всього знаряддя [1].

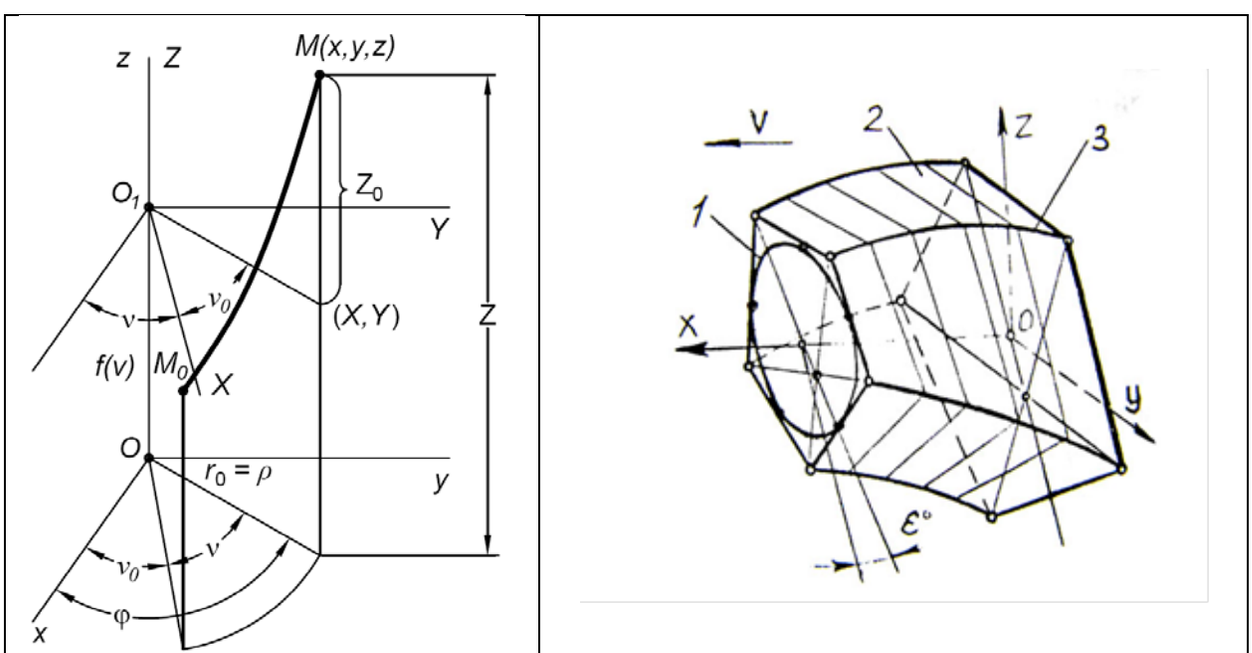
Тобто, при цьому більш активно руйнуються водно-колоїдні та молекулярно-контактні зв'язки, та сам процес деформації створює нову структуру, яка все з меншим опором протидіє зовнішньому стисканню.

Довести залежність радіусу кривини гвинтової просторової кривої від кроку гвинтового переміщення, з чого слідує, що використання гвинтових циліндричних чи конічних робочих поверхонь зі змінним (аксіальним) кроком дозволяє параметрично враховувати недоліки існуючих методів геометричного проектування при роботі ґрунтообробних знарядь та активізувати, підвищити ефективність дії робочої поверхні на ґрунтовий моноліт. Це, в свою чергу, призведе до підвищення агротехнологічних показників всієї ґрунтообробної машини.

Якщо в просторі (X, Y, Z) взяти точку (X_0,Y_0,Z_0) (рис. 1,а), то її траєкторія на відповідних площинах визначиться у полярних координатах (r, φ, z) рівняннями [2]:

$$\rho = X_0 + Y_0 = r_0; \quad \varphi = v + v_0; \quad z = Z_0 + f(v); \tag{1}$$

де $X_0 = r_0 \cos v_0$; $Y_0 = r_0 \sin v_0$.



а) б)

Рис. 1. Геометричне моделювання поверхні копача: а – початкова стадія; б – кінцева стадія

Розглянемо траєкторію точки, що лежить на осі X і знаходиться на відстані $X_0 = a$ від осі z. Цю гвинтову лінію змінного кроку, що відповідає $f(v)$, будемо позначати l. Її рівняння будуть мати вигляд [2]:

$$x = a \cos v; \quad y = a \sin v; \quad z = f(v); \tag{2}$$

або на площинних проекціях в полярних координатах:

$$\rho = a; \quad \varphi = v; \quad z = f(v). \tag{3}$$

Дану лінію легко побудувати в просторі: для цього треба на площині (x, z) накреслити графік $z = f(v)$, причому $x = a \cos v$, розмітити смуги прямими, паралельними Oz, шириною $2a\pi$ і утворити з першої смуги основний циліндр D, а інші смуги повертати на D ззовні (при конструюванні гіпсової моделі чи чавунної) або зсередини (при конструюванні крупногабаритної тонкостінної моделі).

І тоді графік $f(v)$ дасть гвинтову лінію l.з окремими випадками:

1) при $f(v) = pv$ – звичайна гвинтова лінія;
2) при $f(v) = h \sin v$ – випадок Маннгейма й Дарбу,
3) при $f(v) = h \sin nv$, $(n \neq 1)$ – випадок Каутного.

При необмежено зростаючій $f(v)$, у проекції отримуємо деформовану гіперболічну спіраль із асимптотичною точкою в полюсі. При цьому центральна проекція кривої із точки (0, 0, h) на площину xy визначиться аналогічним чином у полярних координатах (ρ,φ) рівнянням:

$$\rho = \frac{ah}{h - f(v)}. \tag{4}$$

А її проекцією буде крива, яка має асимптоту при такому значенні $v = v_1$, що визначається рівнянням:

$$h - f(v_1) = 0; \quad f(v_1) \neq 0. \tag{5}$$

Так, при достатньо великому радіусі дуги робочої поверхні (малій кривині дуги), деформація пласта буде пружньою: над нейтральною віссю пласта виникає напруга стискання, а нижче осі діє напруга розтягування, як результат дії закона Гука [3].

Дані напруги, як відомо, взаємоврівноважені внаслідок рівності моментів інерції частин перерізу пласта відносно нейтральної осі. З метою пошуку нових додаткових сил дії на шар ґрунту шляхом використання нових параметрів робочих поверхонь, раціональним є дія такої гвинтової поверїхні, радіус кривини якої й зменшується за певним законом. У цьому випадку необхідно використати гвинтову криву змінного (аксіального) кроку. Тоді поздовжній переріз робочої поверхні можна описати складною кривою, яка геометрично визначається параметрами гвинтового переміщення навколо осі обертання і переміщенням по прямій, паралельній даній осі.

При такому узагальненні приведений крок гвинтового переміщення є змінною величиною, яка залежить від кута повороту навколо базової осі. Тобто, в цьому випадку гвинтовий крок може бути функціонально залежною величиною і входити як параметр наперед визначених агротехнічних вимог: певних часових параметрів та параметрів якості обробку ґрунту, функціональних задач, параметрів заглиблення, певної траєкторії та кутів повороту робочих органів та багато інших залежностей.

Так при зменшенні радіусу кривини робочої поверхні (що відповідає більшій величині вигину ґрунтового пласта) нормальні напруги в ґрунтовому моноліті супроводжуються незворотними нормальними деформаціями. При таких деформаціях закон розподілу напруг відхиляється від лінійного, внаслідок того, що незворотним деформаціям першочергово піддаються найбільш віддалені від нейтральної осі прошарки ґрунтового моноліту.

В іншому випадку, при меншій величині радіуса R кривини робочої поверхні кінематичний центр деформацій буде збігатися з центром кола радіуса R, що спричинить зниження рівня дії результуючої осі відносно осі опору перерізу. Тобто в даному випадку ґрунтовий пласт буде підданий надлишковій деформації стискання, що призведе до підвищення енергозатрат при дії робочого органу.

Висновки

На основі проведених досліджень та з огляду на вищесказане можна з впевненістю стверджувати про необхідність подальших досліджень вихідних параметрів гвинтових ліній та поверхонь змінного (аксіального) кроку, геометричних досліджень технологічних властивостей поверхонь, що конструюються, розробки алгоритмів і програм для проектування реальних робочих поверхонь.

Дані висновки підтверджуються також науковими дослідженнями Шелудченка Б.А. [4]. Проведені ним дослідження з одноосного та трьохосного стискання ґрунтів показали, що опір зв'язаних ґрунтів, при зовнішньому напрямку дії сил, залежить від швидкості прикладання сил. Так при швидкому зростанні сил (тобто при роботі активного робочого органу, що є наслідком активної дії робочої поверхні), опір зв'язаних ґрунтів зменшується, навіть при незмінному фізичному стані і більш довгій дії прикладеної сили.

При цьому, якщо радіус кривини змінюється, тоді маємо наступні характеристики дії:

а) якщо він зменшується за величиною, тоді опір також зменшується за рахунок активного входження робочого органу в ґрунтовий шар, при якому зростають показники просторового трьохосного стискання (оскільки активні робочі елемнти ґрунтообробного знаряддя найчастіше займають загальне положення відносно системи розрахунків, прив'язаних до площини поля та площини переміщення знаряддя);

б) якщо радіус кривини зменшується, то опір зв'язаних ґрунтів під дією робочого органу також зменшується, але в менш значній мірі за рахунок розтягування виділеного ґрунтового шару.

При цьому зменшується загальний опір ґрунтового шару внаслідок виникненння нових мікротріщин, які ростуть за рахунок наявних в ґрунті дефектів структури, що, в кінцевому результаті, призводить до прискореного крихкого руйнування всього ґрунтового шару. А при зменшенні радіуса кривини (наприклад в роторному копачі коренезбиральної машини, рис. 1,б) гвинтова поверхня переростає у циліндричну і тоді відбувається поступове зменшення напрямків трьохосного стискання і відбувається явище затухаючої повзучості мікротріщин [5].

Це сприяє менш активній дії робочої поверхні на ґрунтовий моноліт, тобто погіршується сепарація ґрунтових залишків від коренеплодів, а в кінцевому результаті - погіршується значення агротехнічних показників всього ґрунтообробного знаряддя чи коренезбиральної машини вцілому.

Таким чином, використання гвинтових конічних чи циліндричних просторових кривих при конструюванні робочих поверхоньзі змінним (аксіональним) кроком, дозволяє параметрично активізувати дію робочої поверхні на ґрунтовий моноліт, що, в свою чергу, призведе до підвищення агротехнологічних показників всього ґрунтообробного знаряддя.

Список використаної літератури

1. Горячкин В.П. Земледельческая механика. Собр. Соч. в 3 т. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – 282 с.
2. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов. Т.2. Более сложные вопросы теории и задачи / С.П. Тимошенко. – М.-Л.: ОГИЗ, 1946. – 455 с.
3. Люкшин В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов / В.С. Люкшин. – М.: Машиностроение, 1967. – 372 с.
4. Шелудченко Б.А. Агромеханіка ґрунтів / Б.А. Шелудченко. – Житомир: Полісся, 1992. – 249 с.
5. Завгородній А.Ф. Геометрическое конструювание рабочих органов корнеуборочных машин / А.Ф. Завгородній, В.И. Кравчук, В.П. Юрчук; Под редакцией д-ра техн. наук, академика УААН Л.В. Погорелого. – Киев: Аграрна наука, 2004. – 240 с.