

УДК 515.2:681.3

Юрчук В.П. д.т.н., Карпюк В.В., Махорін Я.Г., аспірант  
НТУУ «Київський політехнічний інститут»

## КОНСТРУЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН НА ЕОМ

**Юрчук В.П., Карпюк В.В., Махорін Я.Г. Конструювання спряжених робочих поверхонь сільськогосподарських машин на ЕОМ.** У статті розглянуто ефективний алгоритм конструювання спряжених поверхонь, та узагальнено кінематичні моделі формотворення поверхонь при спряженні обертальних та гвинтових рухів.

**Ключові слова:** Спряжені поверхні, конструювання, формоутворення, кінематичне, гвинтове, алгоритм, AutoCAD, кочення.

**Юрчук В.П., Карпюк В.В., Махорін Я.Г. Конструирование сопряженных рабочих поверхностей сельскохозяйственных машин на ЭВМ.** В статье рассмотрены эффективный алгоритм конструирования сопряженных поверхностей, и обобщенно кинематические модели формообразования поверхностей при сопряжении вращательных и винтовых движений.

**Ключевые слова:** сопряженные поверхности, конструирование, формообразования, кинематическое, винтовое, алгоритм, AutoCAD, качения

**Yurchuk V., Karpyuk V., Mahorin Y. Construction conjugated working surface of agricultural machines on computer. Abstract.** In the article the effective algorithm konstroyuvannya conjugated surfaces and generalized kinematic model of shaping surfaces during coupling and screw rotational movements.

**Keywords:** conjugated surface design, forming, kinematics, screw algorithm, AutoCAD, rolling

**Постановка проблеми.** В сільському господарстві часто використовуються спряжені поверхні в якості робочих органів машин. При конструюванні яких, необхідно зробити розрахунок поверхні деталі та інструмента, а також виконати побудову їхнього графічного зображення. Побудова отриманих спряжених поверхонь вищих кінематичних пар пов'язана з великим обсягом графічних робіт. Використання САПР AutoCAD дозволяє підвищити продуктивність, точність та якість виконаних креслень та виконати автоматизацію усіх етапів розрахунків та побудов.

**Аналіз останніх досліджень.** Виготовлення деталей з спряженими поверхнями вимагає виконання дослідження особливостей спряження гелікоїдів заготовки та інструмента або спряжених поверхонь гвинтових механізмів. Аналітичне визначення параметрів спряжених поверхонь пов'язане з великою кількістю обчислень. Експериментальне моделювання спряження гелікоїдів деталі та інструмента пов'язано зі значними матеріальними витратами. Найбільш ефективним методом формування спряжених гелікоїдів є метод геометричного комп'ютерного моделювання.

**Формулювання цілей статті.** Тому виникає потреба в узагальненому описі кінематичних схем формування поверхонь при спряженні обертальних та гвинтових рухів, та розробки ефективних способів конструювання спряжених поверхонь.

**Основна частина.** На основі проведеної роботи узагальнено кінематичні схеми формотворення поверхонь при спряженні обертальних та гвинтових рухів. Вони наведені в таблиці 1.

Для побудови спряжених поверхонь вильчатих та дискових ВРО за допомогою діаграми кінематичного гвинта визначимо початкові параметри переміщення поверхонь. Нам відомі міжосьова відстань між вильчатими і дисковими копаками, яка визначається параметрами серійних базових конструкцій коренезбиральних машин. Нехай вона дорівнює  $AB$ . Також нам відома швидкість початкової поверхні вильчатого копака  $\omega_A$ . Конструктивно визначаємо точку контакту  $K$  і звідси маємо:

$AK + KB = AB$ , а також, враховуючи відомі залежності, пов'язані з міжосьовою відстанню:  $AK = a$ ;  $Kb = b$ . Відомим також є величина кута установки осі вильчатого копака  $a$ .

\*Науковий керівник Юрчук В.П.

Знаємо, що для результуючого кінематичного гвинта існує залежність:  $b = p \cdot ctg \alpha$ , визначаємо гвинтовий параметр  $p$ , а також параметри дискового копака:  $\omega_B, \beta$ , напрямок осі результуючого руху та ще до десяти інших параметрів [1].

ВІДНОСНИЙ РУХ ВИРОБУ ТА ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ПРОФІЛЮВАННІ	ВІДНОСНИЙ РУХ ЗА ДОПОМОГОЮ АКСОЇДІВ	АКСОЇД	
		ІНСТРУМЕНТУ	ВИРОБУ
Гвинтовий та обертальний навколо мимобіжних осей, (вісь обертального руху перетендікулярна гвинтовій поверхні)	Кочення площини по гелікоїду	Площина	Гелікоїд евольвентний
Гвинтовий та обертальний навколо мимобіжних осей, (вісь обертального руху паралельна гвинтовій поверхні)	Кочення циліндра по гелікоїду	Циліндр	Гелікоїд евольвентний
Гвинтовий та обертальний навколо мимобіжних осей, (осі відносних рухів не перетендікулярні)	Кочення конуса з ковзанням по гелікоїду	Конус	Гелікоїд евольвентний
Гвинтовий та обертальний навколо мимобіжних осей, (осі відносних рухів перетендікулярні внутрішній та зовнішній дотичним гвинтової поверхні)	Кочення конуса з ковзанням по гелікоїду	Конус	Гелікоїд евольвентний
Гвинтовий та обертальний навколо мимобіжних осей, (осі відносних рухів рівнобіжні внутрішній та зовнішній дотичним гвинтової поверхні)	Ковзання конуса по гелікоїду	Конус	Гелікоїд евольвентний
Гвинтовий та обертальний навколо мимобіжних осей	Кочення гіперболоїда по гелікоїду	Гіперболоїд Гіперболоїд	Гіперболоїд архімедів Гелікоїд конволотний
Гвинтовий та обертальний навколо мимобіжних осей	Кочення з ковзанням гіперболоїда по гелікоїду	Гіперболоїд Гіперболоїд	Гелікоїд архімедів Гелікоїд конволотний
Два гвинтових рухи	Кочення гелікоїда по гелікоїду	Гелікоїд архімедів Гелікоїд конволотний Гелікоїд конволотний Гелікоїд евольвентний	Гелікоїд конволотний Гелікоїд архімедів Гелікоїд конволотний Гелікоїд евольвентний
Три гвинтових рухи	Кочення з ковзанням гелікоїда по гелікоїду	Гелікоїд архімедів Гелікоїд конволотний Гелікоїд конволотний Гелікоїд евольвентний	Гелікоїд конволотний Гелікоїд архімедів Гелікоїд конволотний Гелікоїд евольвентний

Таблиця 1. Кінематичні способи формоутворення поверхонь при спряженні обертальних та гвинтових рухів.

Алгоритм побудови дозволяє також виконати обернену задачу, тобто, маючи параметри робочої поверхні дискового копача, отримати поверхню вильчатого копача.

З наведених досліджень можна зробити висновок, що діаграма кінематичного гвинта при конструюванні ВРО коренезбиральних машин дозволяє наглядно показати накладання (пряма задача) і розкладання (обернена задача) руху твердого тіла. Одночасно при цьому можна визначити кінематичні характеристики спряжених поверхонь ВРО у гвинтовому русі, геометричні параметри їх орієнтації, будувати спряжені поверхні з лінійним дотиком, а також графічно визначити до тринадцяти кінематичних параметрів.

Використовуючи запропоноване графічне рішення задачі, визначення параметрів поверхонь спряжених ВРО у вигляді конволотних гелікоїдів з використанням методу діаграми кінематичного гвинта, можна побудувати трьохвимірні геометричні моделі спряжених конволотних гелікоїдів ВРО при відносному русі коливання з ковзанням.

Найбільш ефективним і оригінальними методами комп'ютерної побудови спряжених робочих поверхонь є методи, розроблені проф. А.М. Підкоритовим та його учнями [2,3]. Ці методи

дозволяють значно підвищити продуктивність розрахунково-графічних робіт і отримати на сучасних ЕОМ наочне зображення робочих поверхонь за задалегідь заданими вимогами.

Розв'язання даної задачі можна виконати з використанням команд: LINE, SPLINE, RULESURF або EDGESURF САПР AutoCad.

Нехай нам необхідно визначити  $\Sigma_1(c_1, h_1, \omega_{c1})$  робочої поверхні конволютного гелікоїда дискового копача, де  $c_1$  - вісь обертання гелікоїда;  $h_1 = u_1/\omega_{c1}$  - параметр гвинтової поверхні;  $\omega_{c1}$  - кутова швидкість твірної лінії  $s$ , яка утворює гвинтову поверхню;  $u_1$  - швидкість поступального руху твірної  $s$  вздовж осі гвинта.

Визначити: а)  $\Sigma_2(c_2, h_2, \omega_{c2})$  робочої поверхні конволютного гелікоїда дискового копача, де  $c_2$  - вісь обертання гелікоїда;  $h_2 = u_2/\omega_{c2}$  - параметр гвинтової поверхні;  $\omega_{c2}$  - кутова швидкість твірної лінії  $s$ , яка утворює гвинтову поверхню;  $u_2$  - швидкість поступального руху твірної  $s$  вздовж осі гвинта.

Б)  $\Phi(c, h, \omega_c)$  поверхні ґрунтового посередника, який відповідає параметрам миттєвого відносного руху спряжених поверхонь, де  $c$  - вісь миттєвого відносного гвинтового руху;  $h = u/\omega_c$  - параметр миттєвого відносного гвинтового руху;  $\omega_c$  - кутова швидкість миттєвого відносного гвинтового руху;  $u$  - швидкість поступального руху ковзання твірної вздовж осі миттєвого відносного руху; кут  $\theta_1$  - кут між віссю  $c_1$  конволютного гелікоїда дискового копача і віссю  $s$  ґрунтового посередника, який відповідає гелікоїду миттєвого відносного гвинтового руху  $\Phi$ ; кут  $\theta$  - кут між осями  $OC_1$  і  $OC_2$  спряжених поверхонь  $\Sigma_1$  і  $\Sigma_2$ ; кут  $\theta_2$  - кут між віссю  $c_1$  конволютного гелікоїда вильчатого копача  $\Sigma_2$  і віссю  $s$  миттєвого відносного гвинтового руху, який відповідає гелікоїду ґрунтового посередника;  $K_1, K_2$  - відстань між осями дискового копача  $\Sigma_1$  і вилкового  $\Sigma_2$ ;  $KK_1$  - відстань між віссю  $c_1$  конволютного гелікоїда  $\Sigma_1$  і віссю  $s$  миттєвого відносного гвинтового руху  $\Phi$  - ґрунтового посередника;  $KK_2$  - відстань між віссю  $c_2$  вилки  $\Sigma_2$  і віссю ґрунтового посередника - миттєвого відносного гвинтового руху  $\Phi$ .

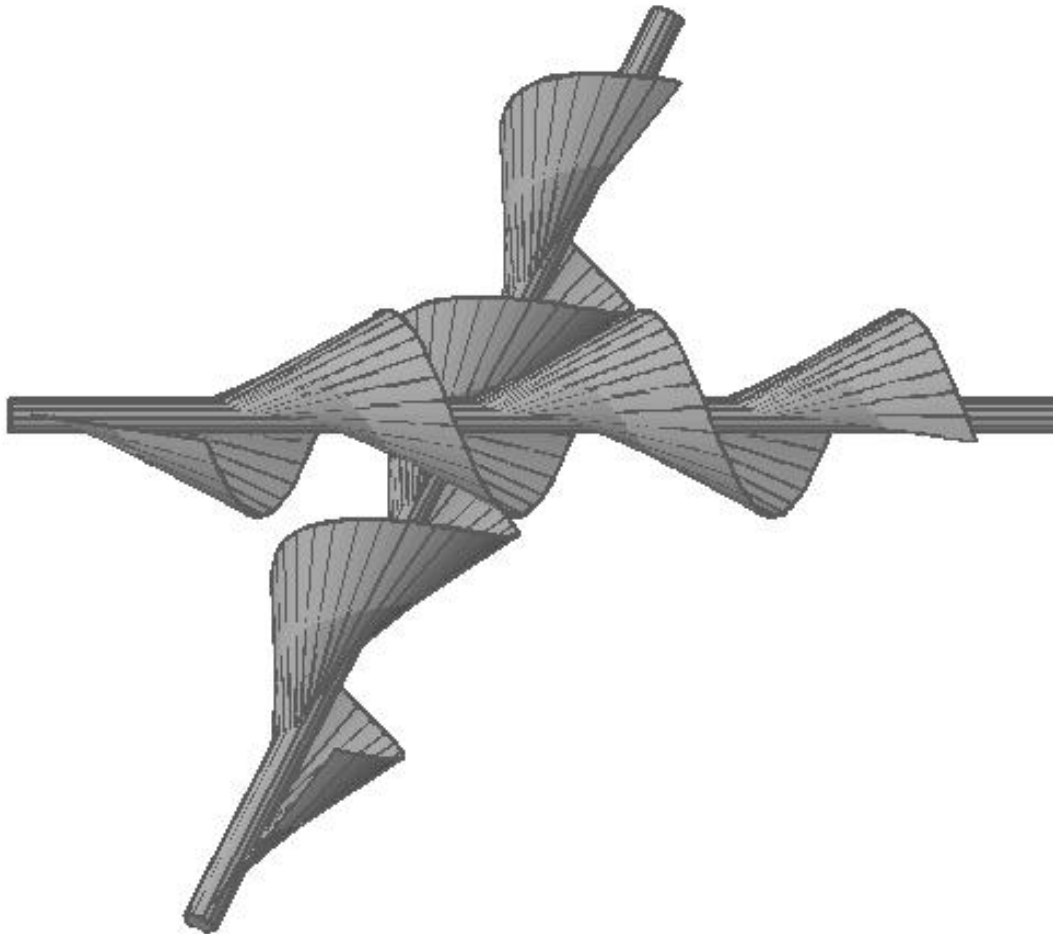


Рис. 1. Побудова на ЕОМ спряжених гвинтових поверхонь ВРО активної дії.

Алгоритм побудови поверхонь наступний:

- 1) За допомогою команди LINE, із заданим типом осьової лінії – center, будується вісь конволюнтного гелікоїда диска  $\Sigma_1$  (рис.1);
- 2) Командою SPLINE будується внутрішня гвинтова напрямна, яка лежить на основному циліндрі конволюнтного гелікоїда диска  $\Sigma_1$  робочої поверхні вилки;
- 3) Також командою SPLINE будується зовнішня гвинтова напрямна конволюнтного гелікоїда  $\Sigma_1$ ;
- 4) За допомогою системної змінної SURFTAB1 будується число ліній відображення поверхні конволюнтного гелікоїда  $\Sigma_1$  дискового копача;
- 5) Функцією CONECT будуємо поверхню конволюнтного гелікоїда  $\Sigma_1$  дискового копача;
- 6) Командою LINE, із заданим типом осьової лінії – center, будуємо вісь конволюнтного гелікоїда  $\Sigma_2$  вильчатого копача;
- 7) За допомогою команди SPLINE будуємо внутрішню гвинтову напрямку, яка лежить на основному циліндрі конволюнтного гелікоїда диска  $\Sigma_2$  вольчатого копача;
- 8) За командою SPLIN також будуємо зовнішню гвинтову напрямку конволюнтного гелікоїда диска  $\Sigma_2$  вольчатого копача;
- 9) Системною змінною SURFTAB1 задаємо число ліній відображення поверхні конволюнтного гелікоїда  $\Sigma_2$  вольчатого ВРО;
- 10) Командою CONECT будуємо поверхню конволюнтного гелікоїда  $\Sigma_2$  вильчатого копача;
- 11) За допомогою команди LINE, із заданим типом осьової лінії – center, будуємо вісь миттєвого відносного гвинтового руху гвинтового посередника;
- 12) Командою SPLINE будуємо внутрішню гвинтову напрямку, яка лежить на основному циліндрі миттєвого відносного гвинтового руху ґрунтового посередника;
- 13) Командою SPLINE будуємо зовнішню гвинтову напрямку миттєвого відносного гвинтового руху;
- 14) За допомогою системної змінної SURFTAB1 будуємо лінії відображення поверхні миттєвого відносного гвинтового руху;
- 15) Функцією CONECT будуємо поверхню миттєвого відносного гвинтового руху;

### Висновки

1. Таким чином, в результаті вирішення поставленої задачі, побудована трьохвимірна комп'ютерна модель поверхні нового вильчатого ВРО, яка відповідає спряженим лінійчатим конволюнтним гелікоїдам при відносному коченні із ковзанням.
2. Для дослідників та інженерів-конструкторів ґрунтообробних машин та знарядь така інформація може служити вихідною для проведення пошуку при побудові нових поверхонь чи при корегуванні існуючих виконуючих робочих органів коренезбиральних машин.
3. Одночасно з цим одержані геометричні моделі поверхонь ВРО дозволяють вийти на параметри дії на ґрунтовий посередник, що є дуже важливим фактором у землеробській механіці.

1. Босой Е. С., Верняев О. В., Смирнов И. И., Султан-Шах Е. Г. Теория конструкции и расчет сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 586 с.
2. Подкорытов А. Н. Теоретические основы автоматизированных методов геометрического моделирования сопряженных криволинейных поверхностей, исключаящих интерференцию : автореф. дис. д-ра техн. наук. – М., 1989. – 32 с.
3. Подкоритов А. М., Юрчук В. П., Кость О. О. Проектування робочих органів коренезбиральних машин шляхом використання теорії спряжених поверхонь / співавт. : В. П. Юрчук, О. О. Кость // Геометр. та комп'ютер. моделювання : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х., 2007. – Вип. 17. – С. 16 – 21. – Бібліогр.: 6 назв.