

УДК 514.18: 631.31

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ СПРЯЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗНАРЯДЬ

Яблонський П.М., к.т.н.,

Подкоритов А.М., д.т.н.,

Юрчук В.П., д.т.н.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)*

В роботі обґрунтовується необхідність та ефективність використання нових методів геометричного моделювання поверхонь робочих органів коренезбиральних машин, які базуються на теорії спряження поверхонь.

Ключові слова: спряжені поверхні, динамічний гвинт, кінематичний гвинт, геометричні моделі, геометричні параметри, ґрунтообробні знаряддя, вильчатий копач, дисковий копач.

Постановка проблеми. Одним із найважливіших недоліків 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 для проектування робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь, а саме при аналітичному конструюванні вильчатих та дискових копачів коренезбиральних машин [1].

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.

Формулювання цілей статті. Метою статті є висвітлення гострої необхідності створення таких методів конструювання, в

апарат побудови яких входили б основні вимоги з переміщення та деформації ґрунту, які стали б основою для використання ЕОМ при моделюванні дії робочої поверхні на ґрунт, тобто важливим фактором прискорення пошуку та проектування нових типів робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь.

Основна частина. При проектуванні коренезбиральних машин важливе значення мають геометричні параметри та орієнтація викопуючих робочих органів (ВРО). 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. Вильчаті копачі осями конічних роторів займають загальне положення відносно таких геометричних елементів як площина поля, вертикальна площина вздовж осі рядка коренеплодів та ін.

Для вильчатих роторних копачів обов'язковою вимогою є наявність конструкції ВРО коренезабірників, які характеризуються такими ж кутами установки, в горизонтальній та вертикальній площинах, як і дискові копачі. При цьому площини, в яких обертаються прутки коренезабірника, проходять через вісь обертання конічного ротора і утворюють двогранний кут. Тобто, вісь обертання коренезабірника, як і осі дискових ВРО, практично перпендикулярна до осі ротора [2]. При своєму обертанні робоча поверхня коренезабірника синхронно зустрічно діє на викопані коренеплоди одночасно з робочою поверхнею вильчатого ротора з метою подальшої подачі коренеплодів на сепаруючі та транспортуючі робочі органи.

Якщо ж розглянути дисковий копач, то функціонально дві його спарені робочі поверхні розміщені аналогічно поверхням коренезабірника, створюючи такий же двогранний кут відносно рядка коренеплодів. Ребро двогранного кута, який утворює русло витискання, розміщено у вертикальній площині осі рядка. Принцип витискання вильчатого і дискового копачів, а також аналогія геометричної орієнтації їх робочих поверхонь говорить про наявність спільних факторів зустрічно-синхронної дії копачів на коренеплід. А це означає, що в цьому випадку можна говорити і про взаємодію, тобто процес спряження даних конструктивних типів робочих поверхонь [2].

Так, дійсно, дисковий копач, маючи орієнтацію подібну орієнтації коренезабірника, робоча поверхня якого знаходиться на тій же глибині викопування, що і поверхня вильчатого копача, одночасно виконує функції вильчатого копача та коренезабірника.

Відкидаючи умовно конструктивну прив'язку коренезабірника, можна дійсно спостерігати спряжену взаємодію вильчатого та

дискового копачів, що полягає в співпадінні напрямків сил дії на ґрунтовий моноліт з коренеплодами (рис. 1).

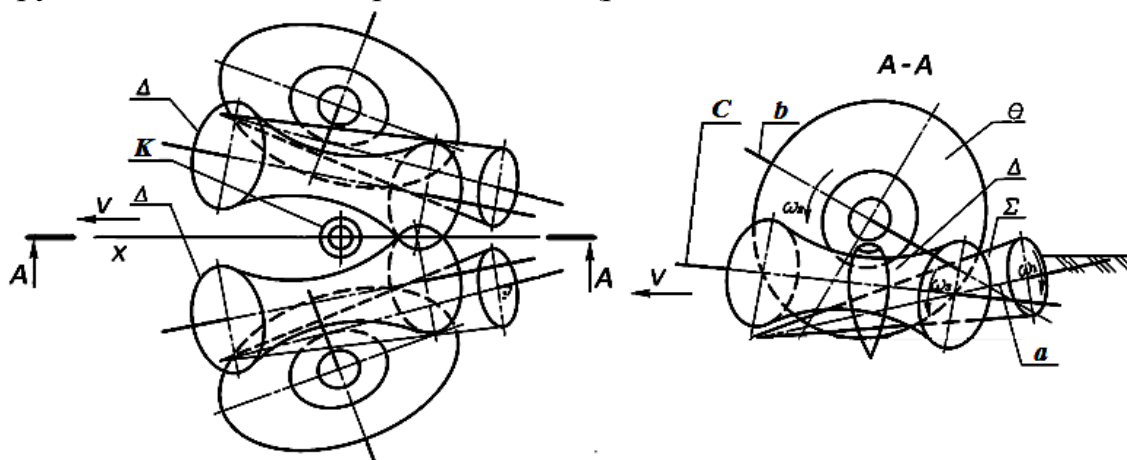


Рис. 1. Схема спряження в системі «вилка – ґрунтовий посередник – диск»

Таким чином, робочі поверхні витискних копачів однозначної взаємодії, які теоретично в одній зоні і в одному напрямку діють на ґрунтовий моноліт з розміщеними на ньому коренеплодами, є спряженими між собою. Спряження даних поверхонь однозначної дії впливає також із рекомендацій науковців-дослідників відносно необхідності синхронізації кутової швидкості вильчатого та дискового копачів зі швидкістю поступального переміщення коренезбиральної машини [2].

Очевидно також, що пошук нових геометричних моделей робочих поверхонь вильчатих та дискових копачів необхідно здійснювати при синхронізації параметрів форми робочої поверхні копача з траєкторною характеристикою точок, які належать робочій поверхні [3].

Не дивлячись на незначне заглиблення в ґрунт, активні витискні копачі забезпечують якісне рихлення ґрунту навколо коренеплоду за рахунок обертання навколо своєї осі, тобто за рахунок роторної дії як вильчатих копачів, так і дискових. Така роторна дія при заглибленні копачів в ґрунтовий моноліт, розділяє останній на дві глиби, які, завдяки появі глибоких тріщин, розвалюються вздовж осі рядка коренеплодів. Після розділення на дві половини – ліву і праву, кожна з них піддається дії робочої поверхні з системою сил, які створюють крутний момент. Розглянемо створення силового гвинта при функціонуванні поверхонь активних ВРО витискного типу.

Так, нехай на тіло діє система сил $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$. Знайдемо аналітичний центр O , при віддаленні якого задану систему сил можна замінити більш простою системою – динамічним гвинтом [4]. Обов'язковим для даного центра приведення є виконання умови

колінеарності приведенного і головного векторів $\overline{F}_{O1} = \overline{F}_O$ та векторів зведеного і проекції головного моментів $\overline{M}_{O1} = \overline{M}_O$, тобто:

$$\frac{\overline{M}_O}{\overline{F}_O} = \frac{\overline{F}_O \overline{M}_{O1}}{\overline{F}_O^2} = h, \quad (1)$$

де h – постійна величина, яка визначається параметром динамічного гвинта.

Зауважимо, що при переміщенні центру приведення головний момент змінюється на величину, яка дорівнює моменту головного вектора, прикладеного до старого центру приведення – відносно нового центра приведення.

Тоді, можна записати:

$$\overline{M}_O - \overline{OO_1} \cdot \frac{\overline{F}}{\overline{F}_O} = \overline{P}; (\overline{F} = \overline{F}_O = \overline{F}_{O1}). \quad (2)$$

Це рівняння задовольняє нескінченну множину точок, які лежать на спільному напрямку прямої приведення векторів сили (F_{O1}) і моментів (M_{O1}) осі системи сил у векторній формі. А друга частина рівняння (2) є рівнянням центральної осі системи сил, де вектор $\overline{OO_1}$ є поточною координатою (рис. 2).

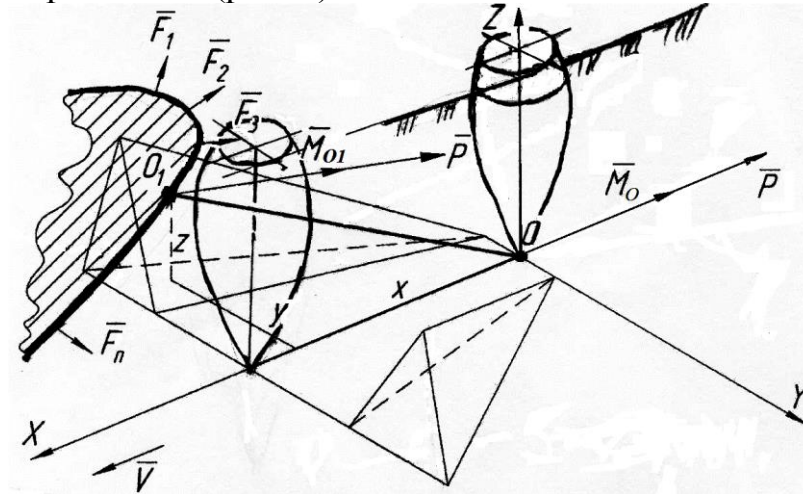


Рис. 2. Схема виникнення головного моменту сил

Рівняння центральної осі системи прикладених сил до ґрунтового моноліту в проекції на координатні осі буде мати вигляд:

$$\frac{M_x - (yF_z - zF_y)}{F_x} = \frac{M_y - (zF_x - xF_z)}{F_y} = \frac{M_z - (xF_y - yF_x)}{F_z} = h, \quad (3)$$

де M_x, M_y, M_z – координати головного моменту сил; F_x, F_y, F_z – координати головного вектора сил; x, y, z – поточні координати.

З наведених формул слідує, що для всіх центрів приведення, які

лежать на центральній осі системи сил, головний момент за напрямком збігається з головним вектором. При цьому головний момент має мінімальне значення, а сама система сил приводиться до динамічного гвинта, причому як для вильчатого копача, так і для дискового.

Якщо розглядати процес викопування коренеплодів дисковими копачами, то, по аналогії з роторними вильчатими копачами, в цьому випадку також виникає динамічний гвинт. Його виникнення, в свою чергу, пояснюється виникненням фактора різнодії між функціональними параметрами активного і пасивного дисків, які симетрично встановлені на стійці копача. Також цьому сприяє дія концентричних тріщин, найбільші із яких розміщені вздовж осі рядка коренеплодів. Така дія спарених дисків при їх заглибленні в ґрунтовий моноліт розділяє його з розміщеними у ньому коренеплодами на дві глиби, частинки ґрунту яких сепарують через вікна дисків.

Враховуючи основні аналоги між статичними інваріантами і кінематичними, а також переростання при роботі витискних ВРО динамічного гвинта в кінематичний, проведені дослідження вказують на раціональність використання теорії спряження при проектуванні активних робочих поверхонь коренезбиральних машин.

Висновки. Для дослідників та інженерів-конструкторів ґрунтообробних машин та знарядь така інформація може слугувати вихідною для проведення пошуку при побудові нових поверхонь чи при корегуванні поверхонь існуючих викопуючих робочих органів коренезбиральних машин, а, одночасно з цим, одержані геометричні моделі поверхонь ВРО дозволяють вийти на параметри дії на ґрунтовий посередник, що є дуже важливим фактором у землеробській механіці.

Література

1. Юрчук В.П. Спряжені поверхні в геометричних моделях формотворення робочих органів коренезбиральних машин: автореф. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / В.П. Юрчук. – К., 2002. – 37 с.
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. Яблонський П.М. Геометричне моделювання поверхонь ґрунтообробних знарядь дискового типу з урахуванням явища інтерференції: автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" /

- П.М. Яблонський. – Мелітополь, 2011. – 25 с.
4. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / И.И. Артоболевский. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ СОПРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРУДИЙ

Яблонский П.Н., Подкорытов А.Н., Юрчук В.П.

В работе обосновывается необходимость и эффективность использования новых методов геометрического моделирования поверхностей рабочих органов корнеуборочных машин, базирующихся на теории сопряжения поверхностей.

Ключевые слова: сопряженные поверхности, динамический винт, кинематический винт, геометрические модели, геометрические параметры, почвообрабатывающие орудия, вилчатый копач, дисковый копач.

THE THEORY OF SURFACE MATCHING IMPLEMENTATION IN THE DESIGN OF AGRICULTURAL INSTRUMENTS

Yablonskyi P., Podkorytov A., Yurchuk V.

New methods'of geometric modeling for working surfaces of root crop machinery necessity and effectiveness defined in this paper based on the theory of surface matching.

Keywords: surface matching, dynamic screw, kinematic screw, geometric models, geometric variables, cultivating tools, fork digger, digger disk.