

УДК 631.4; 631.31

С.М. Кухарець
асистентБ.А. Шелудченко
к. т. н.П.М. Забродський
к. т. н.

Державний агроекологічний університет

КІНЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОТАЦІЙНОГО ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДА

Розглядається числова імітаційна модель ротаційного ґрунтообробного знаряддя, яка дозволяє аналітично дослідити та оптимізувати кут установки батареї робочих органів.

Аналіз конструкцій і процесу роботи ротаційних робочих органів ґрунтообробних знарядь свідчить, що існуючі конструкції, які серійно випускаються, і перспективні розробки нових конструкцій спрямовані на покращення таких чинників обробки, як розпушування ґрунту, інтенсифікація подрібнюючої здатності, полегшення ремонту, підвищення ресурсу, тощо [2]. Однак, жодна з існуючих конструкцій не є такою, що повною мірою відповідала б комплексу агротехнологічних вимог, в тому числі і вимог щодо заробки органічних решток або добрив.

Пропонується конструкція ґрунтообробного робочого органу [1], в якому на основі у вигляді диску встановленні ножі-лопати, що мають бічну поверхню у вигляді однопорожнинного гіперболоїда, який описується рівнянням:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1; \quad (1)$$

де a і b – дійсні півосі гіперболоїда;

c – уявна піввісь гіперболоїда.

Робоча поверхня ножа-лопати геометрично отримана переміщенням прямолінійної утворюючої a (рис.1) по трьох напрямляючих прямих b , c і d відповідно, які схрещуються, не мають жодної спільної паралельної площини і описуються як:

$$I. \frac{x}{a} + \frac{z}{c} = u \left(1 + \frac{y}{b} \right), \quad u \left(\frac{x}{a} - \frac{z}{c} \right) = 1 - \frac{y}{b}; \quad (2)$$

або:

$$II. \frac{x}{a} + \frac{z}{c} = v \left(1 - \frac{y}{b} \right), \quad v \left(\frac{x}{a} - \frac{z}{c} \right) = 1 + \frac{y}{b}; \quad (3)$$

де u і v – довільні величини, які визначають кут закручування робочої поверхні ножа-лопати.

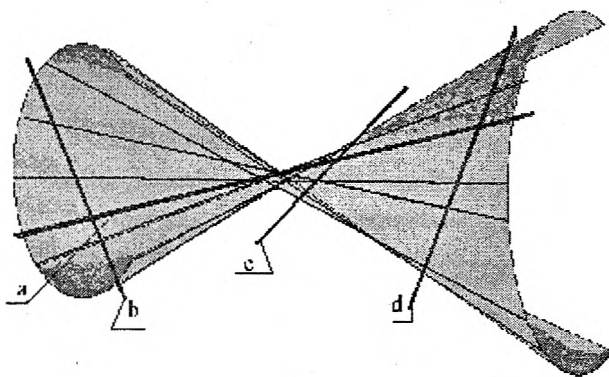


Рис.1. Модельна поверхня пропонованого робочого органу (поверхня однопорожнинного гіперболоїда)

Експериментальна перевірка варіантів моделей робочих органів з гіперболічною та гвинтовою робочими поверхнями в імітаторі ґрунтового каналу [3] (рис.2) дозволила оптимізувати основні параметри пропонованого робочого органу з точки зору максимізації його загортаючої здатності, форма і основні розміри якого показані на рис.3

Для уточнення кута установки батареї робочих органів α (кута атаки), з огляду на суцільність обробки, створено комп'ютерну кінематичну модель ґрунтообробного знаряддя (рис.4).

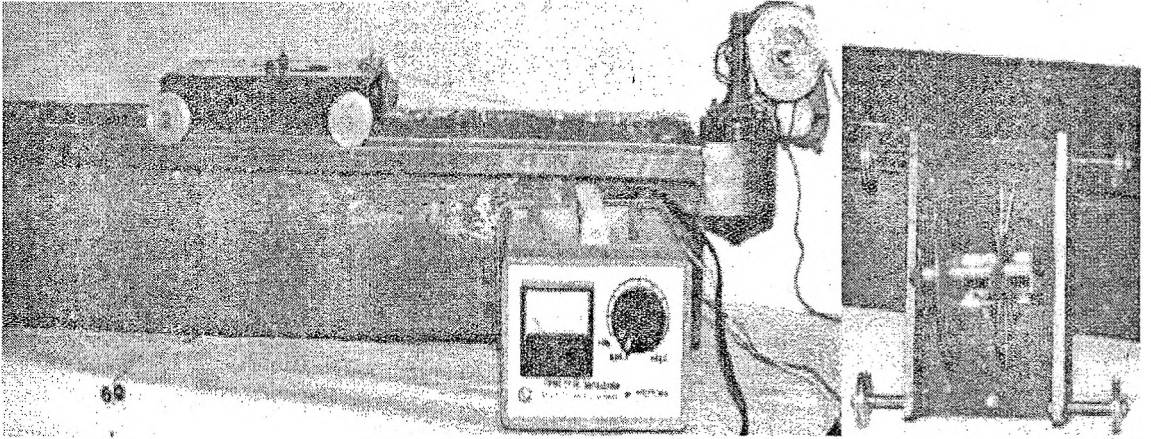


Рис.2. Комплект обладнання для імітаційного експерименту

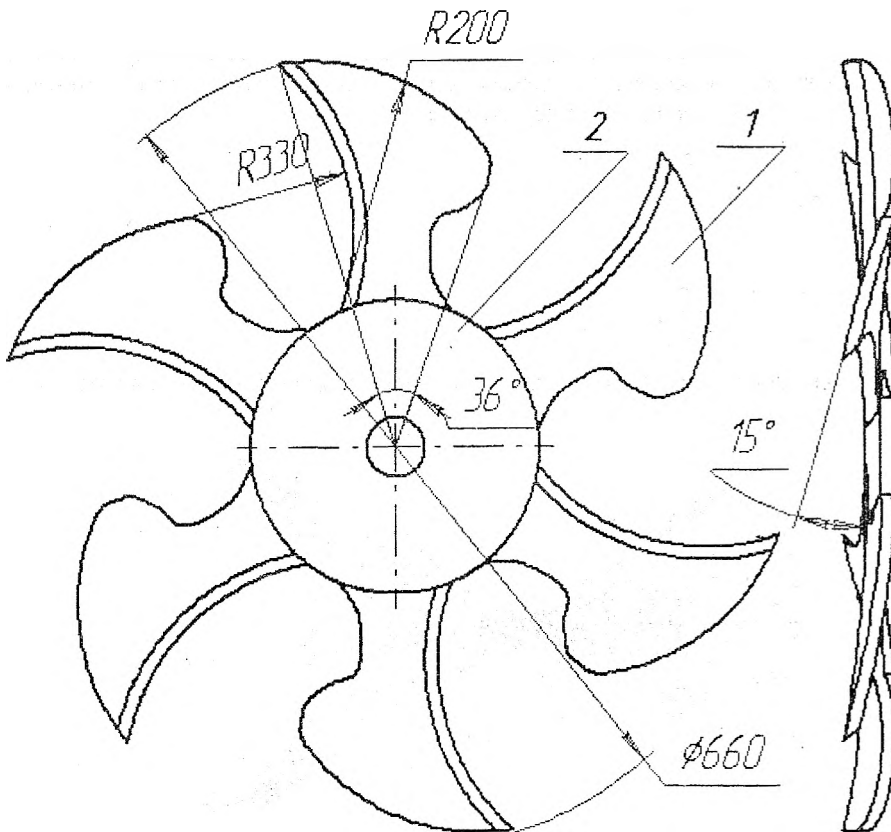


Рис.3. Ротатійний робочий орган з гіперболічними ножами-лопатями:
1 – ніж; 2 – основа

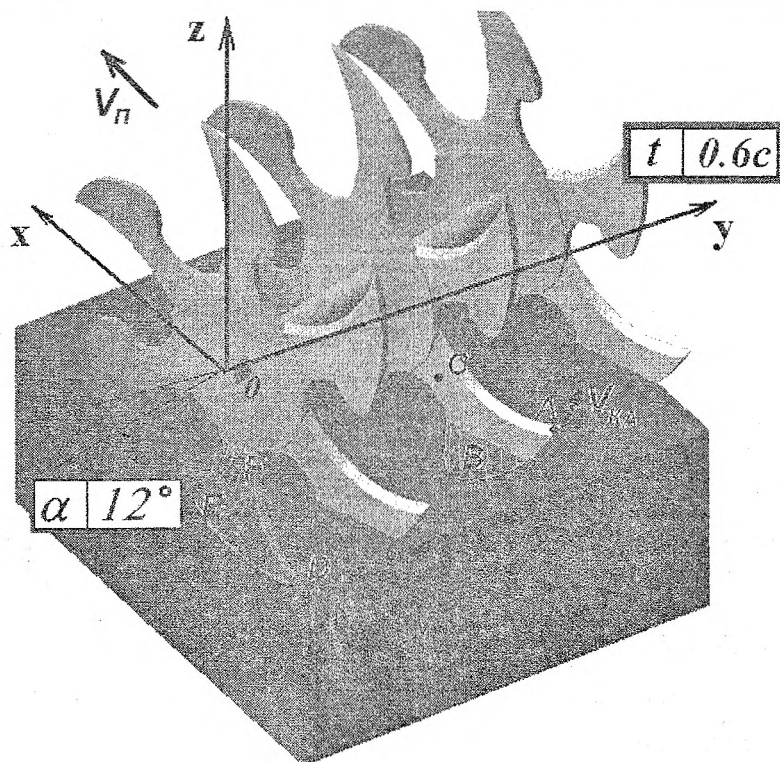


Рис.4. Комп'ютерна модель ґрунтообробного знаряддя

В основу моделі покладено залежності, (4...7) [4] які визначають траєкторію руху основних точок поверхні ножа-лопаті та їх абсолютну швидкість [7].

Загальні рівняння, які описують траєкторію довільної точки ротора, розташованого в горизонтальній площині xOy під кутом α до напрямку руху машинно-тракторного агрегату (диск борони, культиватора, тощо) мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_n t + R_i \cos \alpha \cos \omega t; \\ y &= -R_i \sin \alpha \cos \omega t; \\ z &= -R_i \sin \omega t. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де: v_n - швидкість поступального руху ротора;

t - час руху;

R_i - відстань від осі обертання ротора до розглядуваної точки;

α - кут атаки ротора (кут між віссю OY і проекцією осі обертання ротора на площину XOY);

ωt - кут повороту ротора відрахований від осі OX за годинниковою стрілкою.

Абсолютна швидкість v довільної точки такого ротора задається у вигляді:

$$v = v_n \sqrt{1 + \lambda^2}. \quad (5)$$

де $\lambda = \omega R_i / v_n$ - кінематичний параметр ротора.

Для того, щоб описати рух будь-якої точки поверхні ножа-лопаті у напрямку, що співпадає з напрямком руху ґрунтообробного знаряддя, потрібно врахувати те, що ножі-лопаті утворюють деяку умовну сферичну поверхню із радіусом r . За умовну оберемо уявну сферичну поверхню з центром O , розміщеним на осі обертання в диску, яка дотикається до досліджуваної точки (A), точки розміщеної в площині основи диску на осі обертання (S), та точки симетричної до досліджуваної відносно осі (A') (рис.5).

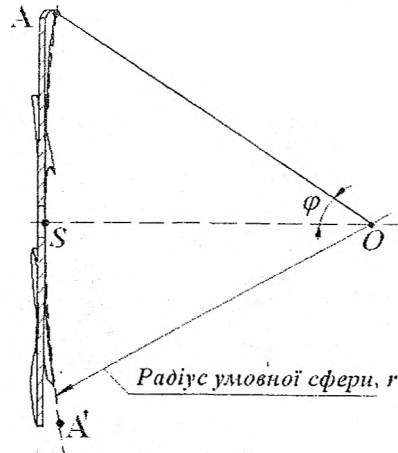


Рис.5. Умовна сфера

У цьому випадку рух кожної з точок поверхні ножа-лопаті описується системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_n t + r \sin \varphi \cos \alpha \cos \omega t + (r - r \cos \varphi) \sin \alpha; \\ y &= (r - r \cos \varphi) \cos \alpha - r \sin \varphi \sin \alpha \cos \omega t; \\ z &= -r \sin \varphi \sin \omega t. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де: r - радіус умовної сфери диска;

φ - кут між віссю обертання і радіусом, проведеним із центра умовної сфери в розглядувану на поверхні точку;

тоді абсолютна швидкість деякої точки поверхні ножа-лопаті описується рівнянням

$$v = v_n \sqrt{1 + \lambda \sin \varphi + 2\lambda \sin \varphi \cos \alpha \sin \omega t}. \quad (7)$$

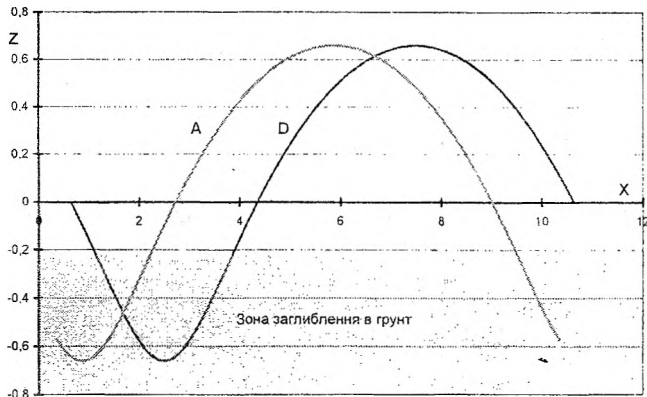


Рис.6. Рух точок А і D в площині xOz

На основі рівнянь (4...7) проведено кінематичне моделювання руху двох точок А і D (рис.4), розташованих на різальних кромках суміжних робочих органів і знайдено траєкторії руху цих точок при різних значеннях кута атаки (кута установки батареї робочих органів) α (рис.6,7), при значенні $v_n = 5 \text{ м/с}$.

На рис.6 наведено траєкторію руху точок А і D в площині xOz , яка не залежить від кута установки батареї і необхідна для визначення зони сумісної дії суміжних ножів-лопатей, а на рис.7 зображені траєкторії руху точок А і D в площині xOy , які характеризують суцільність обробітку ґрунту знаряддям.

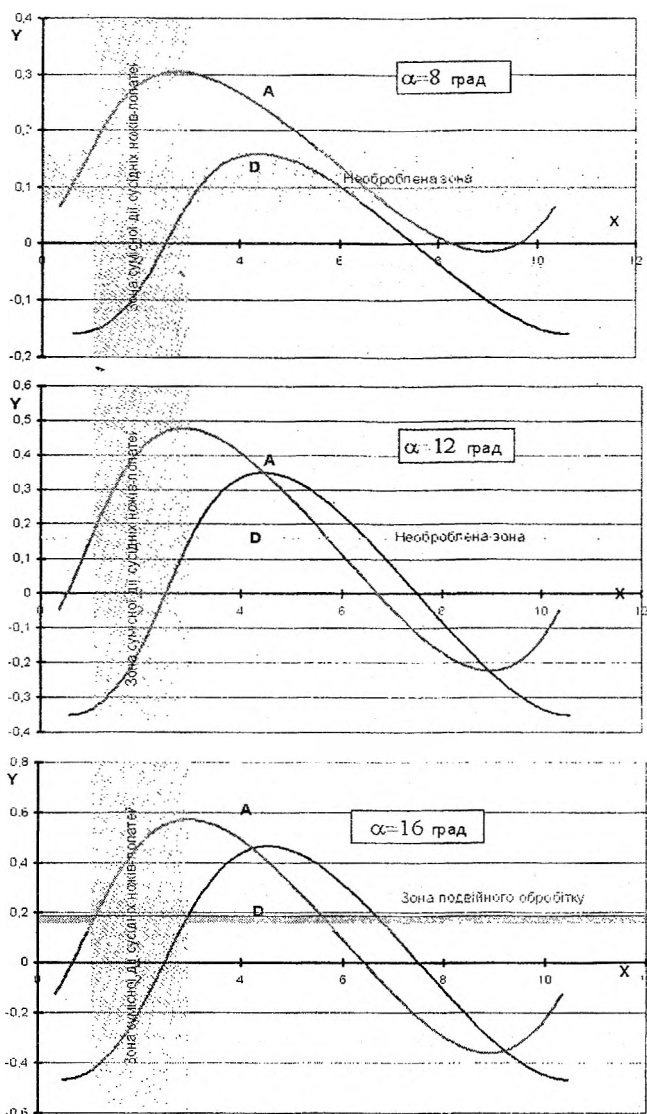


Рис.7. Рух точок А і D в площині xOy при різних значеннях кута установки батареї робочих органів

Таким чином, створена кінематична модель дозволяє провести аналітичне дослідження кінематики руху довільної точки ротора, і отримати траєкторію її руху. Провівши аналіз траєкторій зображених на рис.7, можна зробити висновок, що при збільшенні кута установки батареї з 8 до 12 градусів площа необробленого ґрунту зменшується до мінімуму, а при подальшому збільшенні кута установки настає так званий ефект подвійного оброблення, який викликає зменшення ширини захвату робочого органу. Таким чином, оптимальним кутом установки батареї робочих органів на ґрунтообробну знарядді, з огляду на суцільність обробітку є кут, близький до 12 градусів.

Література

1. Пат. України 35997А /Б.А.Шелудченко, А.С.Малиновський, С.М. Кухарець та ін. 6 с.
2. Забродський П.М. Обґрунтування процесу роботи і параметрів дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь. - Житомир, 1997. - 199с.
3. Модельні дослідження макетів ротаційних робочих органів ґрунтообробних знарядь /С.М.Кухарець, Б.А.Шелудченко, В.О.Шубенко та ін. // "Механізація сільськогосподарського виробництва": Зб. наук. пр. Нац. аграр. ун-ту. - К.: НАУ, 2000. - №8. - С.199-202.
4. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. -М.: Машиностроение, 1978. - 135с.