

УДК 631.333:631.86

С.М. Герук

к. т. н.

С.М. Хоменко

аспірант

Державний агроекологічний університет

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ЗУБЧАТОГО ПІВЕЛІПСНОГО ДИСКА

Представлені залежності, які описують рух зубчатого півеліпсного диска відносно добрив, що подаються транспортером машини. Визначено закон зміни абсолютної швидкості вектора півеліпсного диска в залежності від кута його повороту відносно осі обертання барабана машини для внесення твердих органічних добрив.

Постановка проблеми

Підвищення родючості ґрунтів і раціональне їх використання завжди були і залишаються актуальними питаннями, успішне вирішення яких залежить від використання сучасних досягнень науки і техніки.

Проте як можна говорити про підвищення врожайності сільськогосподарських культур та отримання екологічно чистої продукції, коли внесення добрив на Україні за період з 1990 по 2004 рік різко скоротилося (мінеральних добрив – з 42416,3 до 5185,9 тис. т, а органічних – з 257130,8 до 15083,4 тис. т) [3]. Адже доведено, що добрива, перш за все органічні, є дієвим фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур [1].

На жаль, як показує практика, існуючі в нашій країні технології і машини не забезпечують раціонального використання органічних добрив, що призводить до зменшення родючості ґрунтів, недобору врожаю, забруднення навколишнього середовища.

Тому виникає проблема в розробці технічних рішень, які забезпечать підвищення продуктивності, енергозбереження і екологічної безпеки машин для внесення органічних добрив та підвищать якість технологічного процесу їх внесення.

Аналіз останніх досліджень

Для забезпечення технологічного процесу внесення твердих органічних добрив на полях України, Росії та Білорусії наразі використовуються причіпні розкидачі кузовного типу з двома горизонтальними лопатевими валами [1]: ПРТ-7А, ПРТ-11, ПРТ-16 (ОАО „Бобруйськагромаш”); РОУ-6 (ВАТ „Білоцерківсьільмаш”); МТО-3, МТО-6 (АТ „Ковельсьільмаш”) і розкидачами-валкоутворювачами типу РУН-15Б (ВАТ „Уманьфермаш”). Необхідно відзначити, що лише в останні роки передове українське підприємство АТ „Ковельсьільмаш” почало замінювати

на машинах власного виробництва горизонтальні розкидальні робочі органи на вертикально розташовані барабани: РТД-5, МТО-7, МТО-12.

Проте для забезпечення комплексної механізації внесення органічних добрив необхідно поряд із розробкою нових машин удосконалити ті, що вже є в господарствах.

Тому для забезпечення більш повного подрібнення добрив і достатньо високої рівномірності їх внесення за шириною захвату було запропоновано робочі органи подрібнювального барабану виконувати у вигляді півеліпсних подрібнювачів [2], кожний із яких утворюється двома півеліпсами, встановленими на одній осі. При цьому площини цих півеліпсів встановлені під кутом α один до одного і під кутом β до осі вала подрібнювального барабану, з розміщенням великих осей всіх півеліпсів в одній площині із забезпеченням проєкцій півеліпсних подрібнювачів на площину, перпендикулярну до осі вала подрібнювального барабану у вигляді кола.

Кінематичні залежності, що описують закони руху запропонованого робочого органу, не досліджені, тому виникла необхідність у проведенні їх теоретичних досліджень.

Об'єкти та методика досліджень

Об'єктом досліджень є робочий процес півеліпсного зубчатого диска подрібнювального барабану машини для внесення твердих органічних добрив. Для досліджень використовували теоретичні методи класичної механіки.

Результати досліджень

Для дослідження кінематики зубчатого півеліпсного диска розглядали рух будь-якої точки, що належить цьому диску, яка розташована на відстані R_m від осі його обертання. Для виводу рівняння руху цієї точки, систему координат розташовували слідуючим чином (рис. 1, а). Початок координат розташували в центрі еліпсного диска, з якого виготовлений півеліпс (точка O). Початкове положення диска приймали таким, щоб його мала вісь співпадала з віссю координат X (проходить вздовж кузова машини), за додатній напрям якої приймемо напрям руху машини, який відповідно протилежний напрямку руху добрив. Вісь Z направляли вниз, а обертання диска відбувалося навколо осі Y (вісь циліндра подрібнювального барабана). Велика вісь півеліпсного диска буде відхилена від осі Z на кут γ .

Повертали вісь координат XYZ навколо осі X на кут γ таким чином, щоб півеліпсний диск був розташований у площині $Z'OX'$. Нехай вектор ρ , який описує траєкторію руху деякої точки m кромки півеліпсного диска, за час t повернеться на деякий кут β . За цей же час точка m з

положення M_0 переміститься в точку M , поточні координати якої в площині $Z'OX'$. можна виразити наступними рівняннями:

$$\left. \begin{aligned} X' &= \rho \sin \beta \\ Y' &= 0 \\ Z' &= \rho \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Враховуючи, що після повороту координатних осей:

$$\left. \begin{aligned} X &= X' \\ Y &= Z' \sin \gamma \\ Z &= Z' \cos \gamma \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Запишемо координати точки M відносно нерухомих осей координат XYZ :

$$\left. \begin{aligned} X &= \rho \sin \beta \\ Y &= \rho \cos \beta \sin \gamma \\ Z &= \rho \cos \beta \cos \gamma \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Так як піввісі еліпса, з якого виготовлений півеліпс, підбрані таким чином, що його проекція на площину XOZ являє собою коло радіуса R_n , що дорівнює малій вісі півеліпса, а проекція кута β на площину XOZ дорівнює куту повороту ψ вектора навколо осі Y , то траєкторія точки M в площині XOZ буде визначатися рівняннями:

$$\left. \begin{aligned} X &= R_n \sin \psi \\ Z &= R_n \cos \psi \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

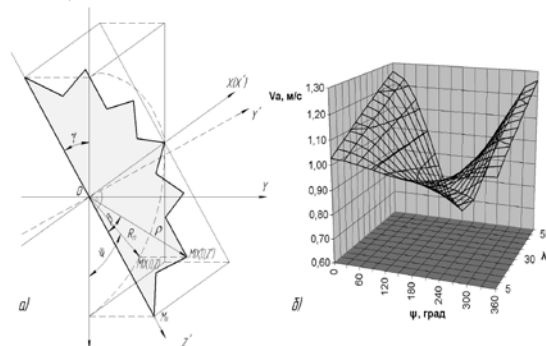


Рис. 1. До визначення траєкторії руху і абсолютної швидкості півеліпсного подрібнювача:

- а – схема для визначення траєкторії півеліпсного диска;
- б – графік зміни абсолютної швидкості півеліпсного диска в залежності від кута його повороту і показника кінематичного режиму роботи.

З рівнянь (3) і (4) знаходимо, що:

$$\rho \sin \beta = R_n \sin \psi \quad (5)$$

$$\rho \cos \beta \cos \gamma = R_n \cos \psi \quad (6)$$

Розділивши вирази (5) на (6) знаходимо, що:

$$\beta = \arctg \frac{\operatorname{tg} \psi}{\cos \gamma} \quad (7)$$

З виразу (6):

$$\rho = \frac{R_n \cos \psi}{\cos \beta \cos \gamma} \quad (8)$$

Підставивши отримані вирази (4) і (8) у систему рівнянь (3) отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} X &= R_n \sin \psi \\ Y &= R_n \operatorname{tg} \gamma \cos \psi \\ Z &= R_n \cos \psi \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Рівняння (9) визначають положення вершини вектора в залежності від кута його повороту навколо осі Y для початкового положення півеліпса, коли його мала піввісь співпадає з віссю координат X.

За половину оберту в просторовій системі координат вектор опише зубчасту еліпсну криву кромки півеліпсного диска подрібнювача.

Обертаючи вектор навколо вісі Y з кутовою швидкістю ω , визначали кут повороту ψ вектора в площині, яка перпендикулярна до вісі обертання відносно осей координат, що обертаються разом з площиною ($\psi = \omega t$).

Так як робочий процес півеліпса включає його рух навколо власної осі зі швидкістю кола v_k і поступальний зустрічний рух добрив зі швидкістю v_d , то траєкторія руху кінця півеліпсного диску відносно добрив, що подаються транспортером, являє собою циклоїду, геометрична форма якої залежить від показника кінематичного режиму роботи λ :

$$\lambda = v_k / v_d = \omega R_n / v_d \quad (10)$$

Враховуючи вираз (10) отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} X &= R_{n_i} \sin(\psi_o + \omega t) + \frac{\omega R_{n_i} t}{\lambda} \\ Y &= R_{n_i} \operatorname{tg} \gamma \\ Z &= R_{n_i} \cos(\psi_o + \omega t) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

де R_{n_i} – відстань від останньої точки зубчастого еліпсного диска до осі обертання, м;

ψ_o – початковий кут повороту вектора в площині, що перпендикулярна до вісі обертання півеліпсного диска, град.

Система рівнянь (12) характеризує траєкторію руху вектора навколо осі Y і відносно маси добрив, що подаються поступально вздовж осі X.

Продиференціювавши рівняння (12) за часом отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} V_x &= \frac{dx}{dt} = R_{n_i} \omega \cos(\psi_o + \omega t) \omega + \frac{R_{n_i} \omega}{\lambda} \\ V_y &= \frac{dy}{dt} = 0 \\ V_z &= \frac{dz}{dt} = -R_{n_i} \omega \sin(\psi_o + \omega t) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Тоді модуль абсолютної швидкості V_a , після відповідних перетворень буде:

$$V_a = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = \sqrt{1 + 2\lambda V_o^2 \cos(\psi_o + \omega t) + V_o^2} \quad (14)$$

Використовуючи отриману формулу (14), побудуємо графік зміни модуля абсолютної швидкості півеліпсного диска в залежності від кута його повороту навколо вісі Y та показника кінематичного режиму роботи λ . Для розрахунків прийемо значення $V_o = 0,07$ м/с та $\psi_o = 0$. Зведені дані розрахунків запишемо у таблицю 1.

Розташування вектора абсолютної швидкості V_a в просторі можна визначити за допомогою направляючих косинусів:

$$\left. \begin{aligned} \cos(V_a, OX) &= \frac{V_x}{V_a}; \quad \cos(V_a, OY) = \frac{V_y}{V_a}; \quad \cos(V_a, OZ) = \frac{V_z}{V_a} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Таблиця 1. Зміна модуля абсолютної швидкості півеліпсного диска в залежності від кута його повороту та показника кінематичного режиму роботи

Кут повороту ψ , град	Коефіцієнт кінематичного режиму роботи подрібнювального барабану λ											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	1,03	1,05	1,07	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26
30	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,21	1,23
60	1,01	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
120	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,84
150	0,98	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87	0,84	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70
180	0,98	0,95	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,68	0,65
210	0,98	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87	0,84	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70
240	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,84
270	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
300	1,01	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
330	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,21	1,23
360	1,03	1,05	1,07	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26

Висновки

1. Отримано систему рівнянь, що характеризує собою траєкторію обертання вектора зубчатого півеліпсного диска відносно добрив, що подаються транспортером машини.

2. Згідно визначеного закону зміни абсолютної швидкості вектора півеліпсного диска, встановлено, що модуль абсолютної швидкості є змінною величиною і залежить від кінематичного режиму роботи барабана машини для внесення твердих органічних добрив.

Перспективи подальших досліджень

На нашу думку, необхідно дослідити закон зміни швидкості вильоту частинки органічних добрив в залежності від швидкості обертання барабанів, для чого напрям подальших досліджень має бути зосереджений на вивченні теорії руху частинки добрив по півеліпсним зубчатим дискам.

Література

1. Личман Геннадий Иванович. Научно-технические решения проблемы повышения эффективности машинных технологий применения органических удобрений : Автореф. дис. докт. техн. наук. –М., 1999. – 16с.
2. Пат. 22404 Україна, МПК А01С 3/06. Розкидач органічних добрив / А.С. Малиновський, С.М. Герук, С.М. Хоменко, С.В. Міненко, О.М. Сукманюк (Україна) – № у 2006 11702; Заявл. 07.11.2006; Надрук. 25.04.2007, Бюл. № 5. – С. 1.
3. Статистичний щорічник України за 2004 рік./Державний комітет статистики України. – С. 191.