

УДК.631.333

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЧАСТКИ ДОБРИВ ВЗДОВЖ ЛОПАТІ ВІДЦЕНТРОВОГО ДИСКУ, НАХИЛЕНОГО ПІД КУТОМ ДО ГОРИЗОНТУ

Дядя В.М., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-21-32

Анотація - Робота присвячена складанню алгоритму визначення швидкості руху частки добрив вздовж лопаті відцентрового диску, нахиленого під кутом до горизонту і швидкості сходу частки з диску.

Ключові слова – мінеральні добрива, нерівномірність розподілу добрив, лопаті, відцентровий робочий орган.

Постановка проблеми. Основною проблемою при суцільному поверхневому внесенні мінеральних добрив є недостатня рівномірність розподілу добрив по ширині захвату агрегату. Нерівномірне внесення добрив по поверхні поля приводить до зниження врожаю сільськогосподарських культур [1]. Для підвищення рівномірності розподілу добрив по ширині захвату агрегату пропонується використання відцентрових робочих органів різної конструкції, в тому числі конусних, а також плоских поставлених під кутом до горизонту. При рухові частки по поверхні конусного диску сили, що діють на неї, не залежать від кута повороту диска. Особливо це стосується сили ваги частки, яка при цьому у будь-якій точці диску утворює опір рухові частки вверх. А при рухові частки по поверхні плоского диску сили, що діють на неї, залежать від кута повороту диска. При цьому сила ваги частки у одних випадках утворює опір рухові частки вверх, а у інших – сприяє рухові частки вниз. Кінцевим результатом дослідження руху частки добрив вздовж лопаті відцентрового диску, нахиленого під кутом до горизонту, є визначення швидкості сходу частки з диску.

Мета роботи. Скласти математичну модель руху частки добрив вздовж лопаті відцентрового диску, нахиленого під кутом до горизонту.

Основна частина. Рух частки по відцентровому робочому органу, який нахилений до горизонту, складається з відносного – вздовж лопаті і переносного – разом з лопаттю [2,3].

Закон руху частки вздовж лопаті у векторній формі запишеться так:

$$m\vec{a} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, \quad (1)$$

де m – маса частки, кг;

\vec{a} – відносне прискорення частки, м/с^2 ;

$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ – сума сил, які діють на частку, Н.

А диференціальне рівняння руху частки вздовж лопаті має такий вигляд

$$m\ddot{x} = \sum_{i=1}^n F_{ix}, \quad (2)$$

де \ddot{x} – відносне прискорення частки вздовж осі координат X , м/с^2 ;

F_{ix} – проекції сил F_i на вісь координат X , Н.

Тут вісь X спрямована вздовж лопаті. В той же час вісь Y спрямована перпендикулярно до лопаті в площині диска, а вісь Z – вертикально паралельно осі обертання диска.

Нехай частка масою m розташована на лопаті в довільній її точці M (рис.1).

Із схеми видно, що на частку, яка переміщається по поверхні диска, та лопаті, діють такі сили:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_n + \vec{F}_\kappa + \vec{F}_G + \vec{F}_{mp}, \quad (3)$$

де \vec{F}_n – відцентрова сила інерції, Н;

\vec{F}_κ – сила інерції Коріоліса, Н;

\vec{F}_G – сила тяжіння частки, Н;

\vec{F}_{mp} – сила тертя між часткою і диском з лопатю, Н.

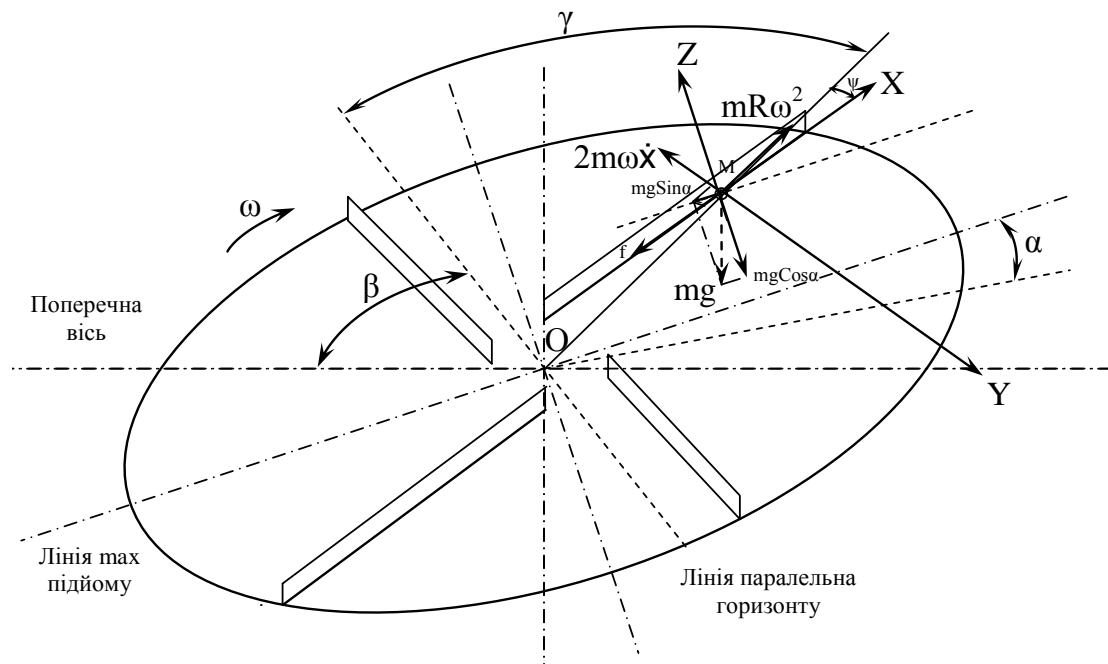


Рисунок 1 – Схема сил, які діють на частку, що рухається по диску, розташованого під кутом до горизонту

Відцентрова сила інерції F_n , сила інерції Коріоліса F_k і сила тяжіння частки F_G відповідно дорівнюють

$$F_n = m\omega^2 R, \quad (4)$$

$$F_k = 2m\omega \cdot \dot{x}, \quad (5)$$

$$F_G = mg. \quad (6)$$

де R – відстань від частки до осі обертання диска O , м;

ω – кутова швидкість диска, рад;

\dot{x} – швидкість частки у відносному русі, м/с.

Сила тертя F_{mp} між часткою і диском з лопатю виникає за наявності реакцій від дії складових сил $\sum_{i=1}^n F_{iy}$ та $\sum_{i=1}^n F_{iz}$ і дорівнює

$$F_{mp} = f \left(\sum_{i=1}^n F_{iy} + \sum_{i=1}^n F_{iz} \right), \quad (7)$$

де f – коефіцієнт тертя частки об поверхню лопаті та диска.

F_{iy} і F_{iz} – проекції сил F_i на осі координат відповідно Y і Z , Н.

Враховуючи проекції всіх сил, що діють на частку у напрямку лопаті, після скорочення на m і математичних перетворень рівняння (2) прийме такий вигляд:

$$\ddot{x} + 2f\omega\dot{x} - \omega^2 x = r_0\omega^2 \cos\psi_0 - g \sin\alpha \cdot \sin(\gamma + \psi) - f\omega^2 r_0 \sin\psi_0 - fg \sin\alpha \cos(\gamma + \psi) - fg \cos\alpha \quad (8)$$

де x – переміщення частки вздовж лопаті, м;

r_0 – відстань від центра диска до точки подачі добрив на диск, м;

ψ_0 – кут між радіусом диска і лопатю в точці подачі добрив на диск, рад;

α – кут нахилу диска до горизонту, град;

γ – кут між нульовим діаметром і радіусом, що проходить через частку добрив на лопаті, град.

Для рішення диференційного рівняння (8) потрібно визначити: r_0 – відстань від центра диска до точки подачі частки на диск; ψ_0 – кут між радіусом диска і лопатю в точці подачі добрив на диск.

Відстань від центра диска до точки подачі частки на диск r_0 визначається за формулами (9-14) згідно рисунку 2.

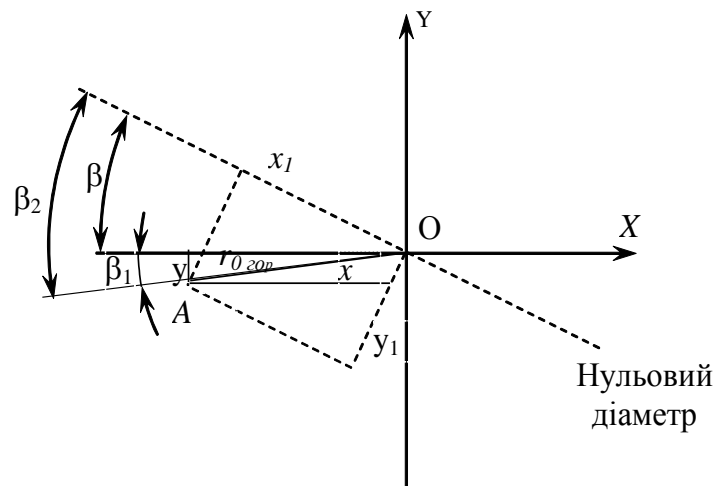


Рисунок 2 – Схема до визначення відстані від центра диска до точки подачі частки на диск r_0

$$r_{0_{zop}} = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (9)$$

$$\beta_1 = \arctg \frac{Y}{X} \quad (10)$$

$$\beta_2 = \beta - \beta_1 \quad (11)$$

$$X_1 = r_{0_{zop}} \cdot \cos \beta_2 \quad (12)$$

$$Y_1 = r_{0_{zop}} \cdot \sin \beta_2$$

$$Y_{1o} = \frac{Y_1}{\cos \alpha} \quad (13)$$

$$r_0 = \sqrt{X_1^2 + Y_{1o}^2} \quad (14)$$

де X, Y – координати точки подачі добрив на умовний горизонтальний диск;

β – кут відхилення нульового діаметра диска від поперечної осі агрегату

Кут між радіусом диска і лопатю в точці подачі добрив на диск ψ_0 визначається за формулою (15) згідно рисунку 3.

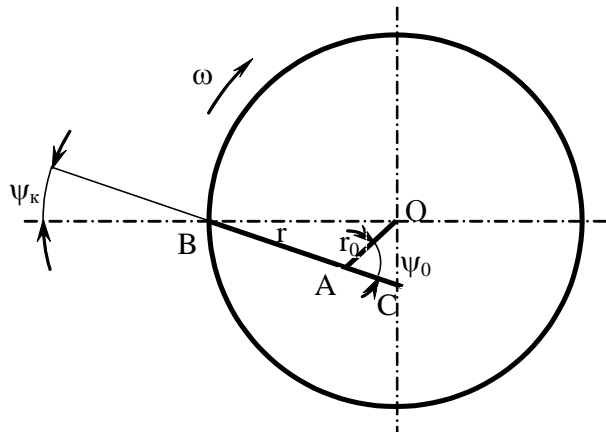


Рисунок 3 – Схема до визначення кута між радіусом диска і лопатю в точці подачі добрив на диск ψ_0

$$\psi_0 = \arcsin \frac{r}{r_0} \cdot \sin \psi_k \quad (15)$$

де ψ_k – кут відхилення лопаті від радіального напрямку на краю лопаті, рад;

Розв'язавши лінійне неоднорідне диференціальне рівняння другого порядку (8) чисельним методом Рунге-Кутта за допомогою ПК визначається відносна швидкість частки при сході її з диску (V_r) і час руху частки відносно лопаті (t_{cx}).

Висновки . Математична модель руху частки добрив вздовж лопаті відцентрового диску, нахилоного під кутом до горизонту, дозволяє визначити швидкість частки добрив при її рухові вздовж лопаті і сході з диску враховуючи кут нахилу диска до горизонту і координати точки подачі добрив на диск.

Література

1. Сендряков И.Ф., Овчинникова Н.Г., Главацкий Б.А. Влияние качества внесения удобрений на урожай зерновых культур // Химия в сельском хозяйстве. – 1980. – № 7. – С. 17-18.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (ч. 3). Машини для приготування і внесення добрив. – Харків: Око, 2002. – 352 с.: іл.
3. *Сельскохозяйственные* машины: Теория и технологический расчет / Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М., Иванович Э.М., Мельников С.В. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1967. – 584 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ УДОБРЕНИЙ ВДОЛЬ ЛОПАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ДИСКА, НАКЛОНЕННОГО ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ

Дядя В.М.

Работа посвящена разработке алгоритма определения скорости движения частицы удобрений вдоль лопасти центробежного диска, наклоненного под углом к горизонту и скорости схождения частицы с диска

MOVEMENT RESEARCH OF THE FERTILIZER PARTICLE ALONG THE CENTRIFUGAL DISC BLADE BEING INCLINED AT ANGLE TO HORIZON

V. Dyadya

Summary

The work is devoted to definition algorithm working out of the fertilizer particle movement rate along the centrifugal disk blade being inclined at angle to horizon and particle going down speed from the disk