

## **ДО РОЗРАХУНКУ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ**

*Представлені результати розрахунків кінематичних параметрів машини для внесення твердих органічних добрив з півеліпсними дисковими робочими органами. Визначено умови вибору показника кінематичного режиму роботи подрібнювального барабану в залежності від забезпечення агротехнічних вимог та надійності роботи машини.*

### **Постановка проблеми**

Здоров'я людини є найдорожчим багатством для кожної країни, тому одним із основних народногосподарських завдань залишається збільшення виробництва біологічно цінної та екологічно чистої сільськогосподарської продукції, яка змогла б забезпечити людину необхідним харчовим раціоном.

---

© С.М. Хоменко

\* Науковий керівник – к.т.н. С.М. Герук

Досягти цієї мети можна лише при виробництві продуктів харчування без використання потенційно небезпечних речовин, а значить, – відносно безпечних для вживання.

Враховуючи це, виникає потреба у заміні синтетичних добрив гноєм і компостами. Проблема ж полягає у тому, що норми внесення органічних добрив на Україні починаючи з 90-х років різко зменшилися, а технології і машини, що застосовуються, не забезпечують їх раціонального використання.

Тому з метою забезпечення більш повного подрібнення органічних добрив і достатньо високої рівномірності їх внесення за шириною захвату, було запропоновано робочі органи подрібнювального барабану виконувати у вигляді півеліпсних подрібнювачів [3], кожний із яких утворюється двома півеліпсами 2. Півеліпси встановлені на одній осі, при цьому їх площини розміщені під кутом  $\alpha$  один до одного і під кутом  $\beta$  до осі вала подрібнювального барабану 1, з виконанням великих осей всіх півеліпсів в одній площині із забезпеченням проекцій півеліпсних подрібнювачів на площину перпендикулярну до осі вала подрібнювального барабану у вигляді кола. Один до одного півеліпсні подрібнювачі встановлені із відстанню  $S$  (рис.1, а).

Півеліпси (рис.1, в) встановлені із збереженням співвідношення малої та великої вісі еліпса, з яких вони утворені відповідно до залежності:

$$b = a \sin\beta, \quad (1)$$

де  $b$  – величина малої вісі еліпса, з якого утворений півеліпс,

$a$  – величина великої вісі еліпса, з якого утворений півеліпс.

Проте для використання даної конструкції необхідно спочатку обґрунтувати цілий ряд конструктивних і кінематичних параметрів.

#### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз публікацій з даного питання показав, що у своїх дослідженнях [2], стосовно роторного гноєрозкидача, Догановський М.Г. і Козловський Є.В. пропонують визначати початкову швидкість польоту добрив з рівняння:

$$v_o = R\omega \sqrt{1 + \left( \frac{\cos\varphi}{1 + \sin\varphi} \right)^2}, \quad (2)$$

де  $R$  – радіус ротора, м;

$\omega$  – частота обертання ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\varphi$  – кут тертя добрив по лопатці ротора, град.

Для визначення орієнтовної дальності польоту добрив можна використати наступний вираз:

$$S_{\max} = \frac{v_o^2}{g} \sin 2\beta_o, \quad (3)$$

де  $v_o$  – початкова швидкість вильоту добрив, м/с;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$\beta_o$  – кут викиду добрив відносно горизонту, град.

Також встановлено, що для збільшення дальності польоту частинки добрив в реальних умовах, кут  $\beta_o = 25 \dots 40^\circ$  [2].

Проте наведені залежності описують роботу роторного розкидача, робочим органом якого є лопатки, тому їх необхідно уточнити і перевірити на адекватність при застосуванні для запропонованої нами конструкції барабанів з півеліпсними дисковими робочими органами.

Завдання досліджень – теоретично обґрунтувати кінематичні параметри роботи подрібнювального барабану з півеліпсними подрібнювачами машини для внесення твердих органічних добрив.

#### Об'єкти та методика досліджень

Об'єктом досліджень є робочий процес півеліпсного зубчатого диска подрібнювального барабану машини для внесення твердих органічних добрив. Сформульовані завдання досягаються шляхом використання теоретичних методів подібності з використанням графічного аналізу.

#### Основний матеріал досліджень

Так як робочий процес запропонованого робочого органу включає обертальний рух його півеліпсних подрібнювачів навколо власної осі з коловою швидкістю  $v_k$  і поступальний зустрічний рух добрив зі швидкістю  $v_o$ , тому траєкторія руху кінця півеліпсного диску відносно добрив, що подаються транспортером, представляє собою циклоїду, рівняння якої має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_o t + R_n \sin \omega t \\ z &= R_n \cos \omega t \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертального руху півеліпсного подрібнювача, с<sup>-1</sup>;

$R_n$  – радіус кола, що описується кромкою півеліпсного диску при його обертанні, м.

Відомо, що геометрична форма циклоїди залежить від показника кінематичного режиму роботи  $\lambda$ :

$$\lambda = v_k / v_o \quad (5)$$

Прийнявши  $\omega t = \varphi$ , а  $v_k = \omega R_n$  отримаємо що  $t = \varphi / \omega$  або  $t = \varphi R_n / v_k$ .

Підставивши в рівняння (4) замість  $t$  і  $\omega t$  вирази  $\varphi R_n / v_\kappa$  і  $\varphi$ , та замінивши  $v_\delta$  на  $\varphi R_n / \lambda t$ , отримаємо рівняння руху будь-якої точки півеліпсного диска:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= R_n (\varphi / \lambda + \sin \varphi) \\ z_i &= R_n \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Аналізуючи побудовані за рівняннями (6) графіки руху точок кінця півеліпсних подрібнювачів для різних значень  $\lambda$  (рис.1, г) зазначимо, що умову суцільного подрібнення маси органічних добрив і їх подачу до розкидального барабану можливо забезпечити лише при  $\lambda > 1$ .

Також, аналізуючи кінематичну схему руху одного півеліпса (рис.1, б), необхідно зауважити, що вектори швидкостей всіх точок диска, які знаходяться вище миттєвого центру його обертання  $C_v$ , направлені в бік руху добрив, і, якщо величина  $OC_v$  буде більшою радіуса вала барабану  $r$ , тоді частина робочого органу, що знаходиться вище  $C_v$  при взаємодії з шаром добрив буде викликати його забивання. Очевидно, що для запобігання цьому, необхідно забезпечити наступну умову:

$$OC_v \leq r \quad (7)$$

З подібності трикутників  $ABC_v$  і  $C_vDE$  (рис. 1, б), запишемо, що:

$$\frac{C_v A}{C_v E} = \frac{AB}{DE}, \text{ а враховуючи умову (7): } \frac{R_n + r}{R_n - r} = \frac{\omega R_n + v_\delta}{\omega R_n - v_\delta}, \text{ звідки:}$$

$$v_\delta = \omega r \quad (8)$$

Тоді  $\lambda = \omega R_n / v_\delta$  – мінімально допустимий показник кінематичного режиму роботи в залежності від конструктивних параметрів подрібнювального барабану, враховуючи (8):

$$\lambda_{\min} \geq R_n / r \quad (9)$$

Знаючи, що в якості підстилки для худоби використовується різана солом'яна січка довжиною  $l = 0,10 \dots 0,12$  м [1], або неподрібнена солома довжиною  $0,20 \dots 0,45$  м, запишемо необхідну умову запобігання намотування соломистих включень на вал подрібнювача:

$$d > \frac{l}{\pi}, \quad (10)$$

де  $d$  – діаметр вала подрібнювача, м.

При довжині соломи  $l = 0,45$  м, використовуючи умову (10), отримаємо, що діаметр циліндра подрібнювача  $d > 0,14$  м.

Для забезпечення агротехнічних вимог необхідно, щоб у розподілених по полю грудках добрив, таких, що мають масу до 0,2 кг, повинно бути не менше 70 % [4]. Для цього величина подачі маси на один зуб диска  $S_z$  повинна бути в межах 0,002...0,01 м [2]. Тоді:

$$\omega = \frac{2\pi v_o}{zS_z} \quad (11)$$

де  $z$  – число зубів, що йдуть по одному сліду.

Враховуючи відносно невелику дальність польоту добрив після їх сходу з подрібнювального барабану, в розрахунках будемо нехтувати опором повітря і висотою розташування подрібнювального барабану. Тоді початкову швидкість польоту добрив можна визначити з (3):

$$v_o = \sqrt{\frac{S_{\max} g}{\sin 2\beta_o}} \quad (12)$$

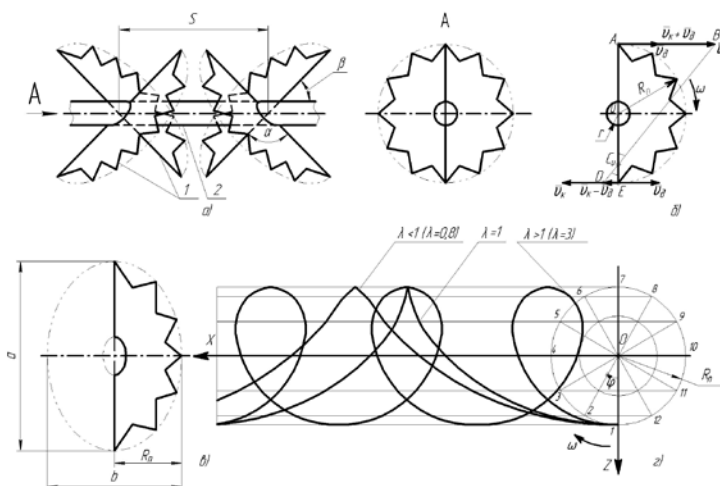


Рис. 1. Схема роботи подрібнювального барабану з півеліпсними подрібнювачами

Радіус барабана по кінцям зубів диска з виразу (2):

$$R_n = \frac{v_o}{\omega \sqrt{1 + \left( \frac{\cos \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^2}} \quad (13)$$

Тоді, виконавши певні перетворення визначимо  $\lambda_{\min}$  з виразу (13):

$$\lambda_{\min} \geq \frac{v_o}{v_\phi \sqrt{1 + \left( \frac{\cos \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^2}} \quad (14)$$

Вирази (9, 11, 14) дозволяють визначити основні кінематичні параметри подрібнювального барабану.

Згідно проведеного графічного аналізу (рис. 1, г) та враховуючи умови (9, 10) для конструктивних параметрів, значення  $\lambda_{\min} \geq 3$ .

Використовуючи рівняння (14) мінімально допустиме значення показника кінематичного режиму роботи подрібнювального барабану  $\lambda_{\min} \geq 54$ .

Порівнюючи ці два варіанти, вибір  $\lambda_{\min}$  за другим варіантом є більш прийнятним з точки зору ефективного подрібнення добрив.

### Висновки

Теоретично встановлені залежності для визначення основних кінематичних параметрів режиму роботи подрібнювального барабану з півеліпсними подрібнювачами машини для внесення твердих органічних добрив та отримано систему рівнянь руху будь-якої точки півеліпсного диска.

### Перспективи подальших досліджень

Необхідно перевірити адекватність теоретично прийнятих залежностей на лабораторній установці та розробити математичні моделі вибору оптимальних параметрів машин для внесення органічних добрив.

### Література

1. *Артюшин А.М., Державин Л.М.* Краткий справочник по удобрениям. – М.: Колос, 1971. – 286 с.
2. *Догановский М.Г., Козловский Е.В.* Машины для внесения удобрений. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
3. 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.
4. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. *І.І. Мельника*. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.