

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗКИДАЧА ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ**

*Розглянуто методику складання критеріальних рівнянь при розробці машин для внесення твердих органічних добрив. Запропоновано критеріальне рівняння для продуктивності розкидача органічних добрив і знайдено формулу для розрахунку швидкості руху його фізичної моделі.*

### **Постановка проблеми**

Для забезпечення високої якості технологічного процесу внесення органічних добрив запропоновано технічне рішення щодо удосконалення конструкції робочих органів машини для внесення твердих органічних добрив [4]. Робочі органи, що пропонуються, виконані у вигляді півеліпсних подрібнювачів, кожний з яких складається з двох півеліпсів, розміщених на барабанах розкидача під певними кутами і відстанями один відносно одного.

Для перевірки теоретичних передумов роботи подрібнювального барабану запропонованої конструкції і машини в цілому, необхідно провести ряд експериментальних досліджень. Проблема постає у тому, що реалізація методики планування експерименту лише у польових умовах пов'язана зі значними матеріальними і часовими затратами. Тому для перевірки робочих гіпотез, перш за все, необхідно провести лабораторні дослідження з використанням методів фізичного моделювання, для чого необхідно забезпечити геометричну, кінематичну і динамічну подібності моделі та натурального предмету досліджень, а також подібності матеріалу, що обробляється.

### **Аналіз останніх досліджень**

Розробкою причіпних розкидачів органічних добрив займалися М.М. Марченко, Г.І. Лічман, А.Є. Шебалкін [2, 5], О.Д. Лашук [2] та ін. Вчені, при розробці робочих органів даних машин, використовували положення теорії подібності, зокрема при плануванні лабораторних досліджень на фізичних моделях використали метод аналізу розмірностей.

Так, у своїх роботах [2, 5] М.М. Марченко, Г.І. Лічман та А.Є. Шебалкін запропонували критеріальні рівняння зв'язку для секундної подачі транспортера, ширини розподілення і швидкості польоту добрив. З даних рівнянь були отримані формули переходу від натурального зразка до моделі щодо швидкості подачі транспортера і частоти обертання барабанів машини для внесення органічних добрив.

О.Д. Лашук також запропонував свої критеріальні рівняння щодо подачі транспортера, ширини розподілення і швидкості польоту добрив. Слід зазначити, що при проведенні експерименту лабораторна установка – модель розкидача органічних добрив – була встановлена нерухомо і включалася в роботу на 5 с. Після цього за відомими методиками визначали ширину і нерівномірність внесення добрив.

Аналіз досліджень з даного напрямку показав, що при плануванні експерименту з використанням фізичних моделей розкидачів органічних добрив досі не було обґрунтовано значення такого важливого показника, як швидкості руху самої машини та не досліджено його вплив на якісні показники роботи. Також не були запропоновані критеріальні рівняння щодо продуктивності роботи машини для внесення добрив.

Як відомо, продуктивність розкидача буде залежати у першу чергу від швидкості руху МТА і швидкості подачі транспортера. Тому необхідно, щоб при будь-яких значеннях цих двох параметрів показники роботи машини знаходилися в межах агротехнічних вимог.

Ще одним фактором, який необхідно враховувати, є те, що проведення досліджень згідно з методикою О.Д. Лашука, вимагає точного узгодження роботи моделі протягом чітко визначеного часу, адже, якщо час буде більшим чи меншим від запропонованих 5 с, то результати досліду і отримана модель навряд чи будуть адекватно описувати даний технологічний процес.

Зважаючи на викладене вище, швидкість руху машини повинна бути включена до числа факторів щодо планування експерименту при дослідженні фізичної моделі розкидача органічних добрив.

**Завдання досліджень** – обґрунтувати швидкість руху фізичних моделей розкидачів органічних добрив.

### **Об'єкти та методика досліджень**

Об'єктом досліджень є технологічний процес внесення твердих органічних добрив. Для побудови критеріального рівняння його продуктивності використовували метод аналізу розмірностей.

### **Результати досліджень**

У ході дослідження склали критеріальне рівняння для продуктивності роботи розкидача органічних добрив, з якого отримали формулу переходу для побудови модельного процесу, що включає шукану швидкість руху машини.

Продуктивність роботи розкидача органічних добрив буде залежати від низки параметрів (табл. 1).

**Таблиця 1. Позначення змінних та їх розмірностей при складанні рівняння зв'язку щодо продуктивності розкидача органічних добрив**

Назва змінної	Позначення	Розмірність
Продуктивність розкидача органічних добрив	$Q_p$	$M/T$
Продуктивність транспортера	$q_\phi$	$M/T$
Швидкість руху розкидача	$v_p$	$L/T$
Розмір подрібнених частинок добрив, що поступають від нижнього подрібнювального барабана до верхнього розкидального	$d_{II}$	$L$
Діаметр розкидального барабана	$D_p$	$L$
Частота обертання розкидального барабана	$\omega_p$	$1/T$
Кут встановлення робочих органів на розкидальному барабані	$\alpha_p$	–
Крок встановлення робочих органів на розкидальному барабані	$t_p$	$L$
Густина добрив	$\rho_n$	$M/L^3$
Довжина розкидального барабана	$L_p$	$L$
Сила опору повітря	$F_{o.n.}$	$MLT^2$
Прискорення сили тяжіння	$g$	$L/T^2$

Загальне рівняння залежності продуктивності розкидача від його параметрів наступне:

$$Q_p = f(q_\phi, v_m, d_{II}, D_p, \omega_p, \alpha_p, t_p, \rho_n, L_p, F_{o.n.}, g). \quad (1)$$

Як видно з табл. 1, кількість змінних  $n = 12$ , для розмірностей яких використано  $k = 3$  основні одиниці: маса  $M$ , час  $T$ , довжина  $L$ . Тому на підставі  $\pi$ -теорема можна стверджувати, що кількість безрозмірних комбінацій становитиме  $n - k = 9$ . Ці комбінації склали, використовуючи метод, запропонований Релесем.

Представимо рівняння (1) як степеневий комплекс:

$$Q_p = f(q_\phi^a, v_m^b, d_\Pi^c, D_p^d, \omega_p^e, \alpha_p^f, t_p^g, \rho_n^h, L_\phi^i, F_{o.n.}^k, g^j). \quad (2)$$

Підставимо у рівняння (2) замість змінних їх розмірності з таблиці:

$$\frac{M}{T} = f\left[\left(\frac{M}{T}\right)^a; \left(\frac{L}{T}\right)^b; L^c; L^d; \left(\frac{1}{T}\right)^e; \alpha_p^f; L^g; \left(\frac{M}{L^3}\right)^h; L^i; \left(\frac{M \cdot L}{T^2}\right)^k; \left(\frac{L}{T^2}\right)^j\right]. \quad (3)$$

Для однорідності рівняння (3) відносно розмірностей знаходили співвідношення між показниками степенів:

для  $M$ :  $1 = a + h + k$ ;

для  $T$ :  $-1 = -a - b - e - 2k - 2j$ ;

для  $L$ :  $0 = b + c + d + g - 3h + i + k + j$ .

Таким чином, отримали три рівняння з одинадцятьма невідомими.

Спростимо їх шляхом виключення  $a$ ,  $c$  і  $e$ .

При цьому  $a = 1 - h - k$ ;  $c = 3h - b - d - g - i - k - j$ ;  $e = h - b - d - k - 2j$ .

Підставивши ці співвідношення у рівняння (3), отримали:

$$\frac{M}{T} = f\left[\left(\frac{M}{T}\right)^{1-h-k}; \left(\frac{L}{T}\right)^b; L^{3h-d-g-i-k-j}; L^d; \left(\frac{1}{T}\right)^{h-b-k-2j}; \alpha_p^f; L^g; \left(\frac{M}{L^3}\right)^h; L^i; \left(\frac{M \cdot L}{T^2}\right)^k; \left(\frac{L}{T^2}\right)^j\right]. \quad (4)$$

На підставі рівняння (4) перепишемо рівняння (2):

$$Q_p = f(q_\phi^{1-h-k}, v_m^b, d_\Pi^{3h-b-d-g-i-k-j}, D_p^d, \omega_p^{h-b-k-2j}, \alpha_p^f, t_p^g, \rho_n^h, L_\phi^i, F_{o.n.}^k, g^j). \quad (5)$$

Об'єднавши члени рівняння (5) з однаковими показниками степенів отримали шукані безрозмірні комбінації:

$$\frac{Q_p}{q_\phi} = f\left[\left(\frac{v_m}{\omega_p \cdot d_\Pi}\right)^b; \left(\frac{D_p}{d_\Pi}\right)^d; \alpha_p^f; \left(\frac{t_p}{d_\Pi}\right)^g; \left(\frac{\omega_p \cdot d_\Pi^3}{q_\phi \cdot \rho_n}\right)^h; \left(\frac{L_\phi}{d_\Pi}\right)^i; \left(\frac{F_{o.n.}}{q_\phi \cdot d_\Pi \cdot \omega_p}\right)^k; \left(\frac{g}{d_\Pi \cdot \omega_p^2}\right)^j\right]. \quad (6)$$

Отримане рівняння задовольняє  $\pi$ -теорему, тому що отримано сім безрозмірних комбінацій, як і зазначалося вище.

При знаходженні формули переходу для побудови модельного процесу визначили швидкість руху фізичної моделі, виходячи з безрозмірного комплексу, що входить у рівняння (6):

$$\left[\frac{v_m}{\omega_p \cdot d_\Pi}\right]_m = \left[\frac{v_m}{\omega_p \cdot d_\Pi}\right]_n, \quad (7)$$

де  $m$  – індекс моделі;  $n$  – індекс природи.

Після відповідних перетворень отримаємо:

$$V_{\text{мМ}} = \frac{V_{\text{мН}}}{\sqrt{K_L}}, \quad (8)$$

де  $V_{\text{мМ}}$  – швидкість руху фізичної моделі машини, км/год;

$V_{\text{мН}}$  – швидкість руху натурального зразка машини, км/год;

$K_L$  – геометричний коефіцієнт подібності.

### Висновки

1. При дослідженні фізичних моделей машин для внесення органічних добрив необхідно враховувати швидкість їх руху.

2. При проведенні експериментальних досліджень, за допомогою отриманої формули (8), можна визначати значення швидкості моделі розкидача органічних добрив у залежності від швидкості натурального зразка і коефіцієнта подібності.

**Перспективи подальших досліджень** будуть полягати у виготовленні лабораторної установки – фізичної моделі розкидача органічних добрив, реалізації повнофакторного експерименту, обґрунтуванні оптимальних конструктивних і кінематичних параметрів та уточненні їх у польових умовах.

### Література:

1. *Кирпичев М.В.* Теория подобия / *М.В. Кирпичев.* – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 94 с.
2. *Лашук А.Д.* Внесение органических удобрений машиной с эллипсо-дисковыми рабочими органами: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / *А.Д. Лашук.* – Горки, 1990. – 16 с.
3. *Марченко Н.М.* Механизация внесения органических удобрений / *Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин.* – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 207 с.
4. Пат. 83293 Україна, МПК А01С 3/06. Розкидач органічних добрив / *А.С. Малиновський, С.М. Герук, С.М. Хоменко* [та ін.]; заявник та патентотримач Державний вищий навчальний заклад «Державний агроекологічний університет». – № а 2006 10636; заявл. 09.10.2006; опублік. 25.06.2008., Бюл. № 12.
5. *Шебалкин А.Е.* Выбор типа и обоснование параметров дозирующих и распределяющих устройств большегрузных машин для внесения твердых органических удобрений: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / *А.Е. Шебалкин.* – М., 1986. – 15 с.