

## **ВПЛИВ АЕРОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ НА ЯКІСТЬ РОЗПОДІЛУ ПО ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ**

**В.О. Кудря**, науковий співробітник

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства» НААН

*Викладено результати досліджень фракційного складу органічних добрив з використанням нормального закону розподілу відносно значень коефіцієнта витання. Отримано теоретичну модель розподілу добрив з урахуванням їх аеродинамічних характеристик. Представлено алгоритм розрахунку та графічний розподіл органічних добрив по поверхні ґрунту з урахуванням конструктивних особливостей розподільчого органу.*

**Ключові слова:** органічні добрива, розподільчий робочий орган, розподіл добрив.

**Постановка проблеми.** Однією з причин неякісного розподілу органічних добрив по поверхні ґрунту є неоднорідність його фракційного складу. При обґрунтуванні параметрів розподільчих органів з горизонтальною віссю обертання відсутні теоретичні залежності, які враховують вплив аеродинамічних властивостей органічних добрив на розподіл їх по поверхні ґрунту. Сучасні технічні засоби під час внесення органічних добрив здійснюють перекриття суміжних проходів. Величина перекриття в деяких випадках становить половину ширини внесення [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Якість розподілу добрив по загальній ширині захвату суттєво залежить від однорідності та рівномірності подачі маси матеріалу до розподільчих робочих органів. При розрахунку дальності польоту частинки без урахування аеродинамічних властивостей кожної фракції органічних добрив призводить до великої похибки під час побудови теоретичної епюри розподілу [2].

Для розрахунку дальності польоту частинки здебільшого використовують математичні рівняння, які були отримані такими вченими: В.В. Адамчук, Г.И. Личман, М.М. Марченко,

А.Е. Шебалкин, В.И. Якубаускас та ін. Основні фундаментальні залежності руху матеріальної частинки наведено у працях академіка П.М. Василенка [3].

**Мета досліджень** – отримати теоретичну залежність ймовірності розподілу фракцій матеріалу від аеродинамічних властивостей (коефіцієнт витання) органічних добрив з неоднорідним складом для врахування під час розрахунку теоретичної епюри розподілу добрив по поверхні ґрунту.

**Викладення основного матеріалу.** В ННЦ «ІМЕСГ» було розроблено модульно-адаптивний технічний засіб до серійних розкидачів органічних добрив типу ПРТ, МТО для бокового внесення органічних добрив та дефекату в малих дозах [5]. При роботі кузовного розкидача добрива планчастим транспортером, що розміщений на дні кузова, подаються на подрібнюючий барабанно-пальцевий робочий орган, який подрібнює органічні добрива і подає на поперечно-стрічковий транспортер. Розподільчий роторний робочий орган забезпечує розподіл матеріалу, що подається стрічковим транспортером.

Конструктивні параметри розподільчого робочого органу для внесення органічних добрив на поверхню ґрунту неможливо визначити без врахування аеродинамічних властивостей органічних добрив. Коефіцієнт витання визначаємо для кожної фракції експериментального матеріалу. Для визначення гранулометричного складу подрібненої маси органічних добрив, котра подається на розподільчий робочий орган поперечно-стрічковим транспортером, використовували набір сит різного діаметру отворів. В якості матеріалу використовували перегній вологістю 47%.

Після сходу з лопатки ротора органічні добрива будуть рухатися під дією двох сил: сили тяжіння  $\bar{P}$  та сили опору повітря  $\bar{F}_{оп}$ . Оскільки початкова швидкість матеріалу  $V_0$  ( $V_0 > 14$  м/с), тому силу опору повітря приймаємо пропорційною квадрату швидкості матеріалу [6]:

$$\bar{F}_{оп} = -k_v m \bar{V}_0^2, \quad (1)$$

де  $k_v$  – коефіцієнт витання матеріалу.

Таблиця

## Фракційний склад перегною вологістю 47%

Діаметр отворів сита, мм	Вага фракції першої проби, кг	Вага фракції другої проби, кг	Вага фракції третьої проби, кг	Середнє значення ваги проби, кг
10	8,4	7,6	8,5	8,2
7	6,5	7,2	6,7	6,8
5	6,2	6,4	6,4	6,3
3	6,7	6,6	6,5	6,6
2	3,8	3,7	3,6	3,7
1	3,4	3,5	3,3	3,4

Після зіткнення з лопатками ротора матеріал частково подрібнюється і стає суттєво неоднорідним відносно розмірів та густини своїх фракцій, вони мають різні аеродинамічні властивості, тобто різний коефіцієнт витання, який коливається в значному діапазоні.

У зв'язку з цим розглянемо розподіл фракцій матеріалу відносно значення коефіцієнту витання наближеним до нормального закону розподілу:

$$p_{k_v}(\xi) = \begin{cases} 0, & \text{при } \xi < k_{v0} - \sigma_{k_v}, \\ \frac{(\xi - k_{v0} + \sigma_{k_v})^2}{2} + \frac{\sigma_{k_v}^2}{3}, & \text{при } k_{v0} - \sigma_{k_v} \leq \xi < k_{v0} - \frac{2\sigma_{k_v}}{3}, \\ -\frac{(\xi - k_{v0})^2}{2} + \frac{\sigma_{k_v}^2}{3}, & \text{при } k_{v0} - \frac{2\sigma_{k_v}}{3} \leq \xi < k_{v0} + \frac{\sigma_{k_v}}{3}, \\ 0,1 \cdot (\xi - k_{v0} - 2\sigma_{k_v})^2, & \text{при } k_{v0} + \frac{\sigma_{k_v}}{3} \leq \xi < k_{v0} + 2\sigma_{k_v}, \\ 0, & \text{при } k_{v0} + 2\sigma_{k_v} \leq \xi, \end{cases} \quad (2)$$

де  $k_{v0}$  – усереднений коефіцієнт витання,  $\xi$  – проміжне значення коефіцієнта витання,  $\sigma_{k_v}$  – середньоквадратичне відхилення коефіцієнта витання.

На рис. 1 показано графічне зображення функції (2).

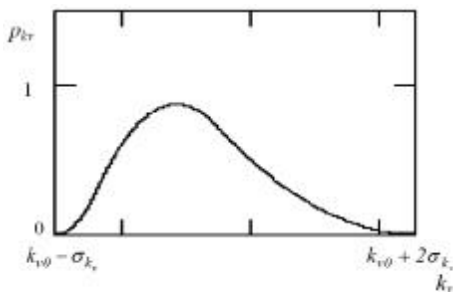


Рис. 1. Графік функції розподілу ймовірностей значення коефіцієнту витання

Отже, рівняння руху матеріалу після сходу з лопатки ротора має вигляд

$$m_{k_v} \ddot{a} = m_{k_v} \bar{g} - k_v m_{k_v} \sqrt{|\dot{V}|} \sqrt{V}, \quad (3)$$

де  $m_{k_v}$  - масова частка матеріалу, коефіцієнт витання якого рівний  $k_v$ .

В проекціях на осі вибраної раніше декартові системи координат  $OXY$  рівняння (3) приймає вигляд:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -k_v \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} x \\ \ddot{y} = -g + k_v \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} y \end{cases} \quad (4)$$

Рівняння (4) потрібно розв'язати при початкових умовах

$$x(t_0) = x_0, y(t_0) = y_0, \dot{x}(t_0) = \dot{x}_0 = V_{0x}, \dot{y}(t_0) = \dot{y}_0 = V_{0y}. \quad (5)$$

Система (4) є системою двох диференціальних рівнянь другого порядку. Для даної системи можна знайти один перший інтеграл. Якщо з першого рівняння системи (4) вираз

$$k_v \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = -\frac{\ddot{x}}{x} \quad (6)$$

підставити в друге рівняння, то отримаємо

$$\ddot{y} = -g - \frac{\ddot{x}}{x} y \text{ або } \frac{d(\dot{y}y)}{dt} = -g y \quad (7)$$

Інтегрування останньої рівності дає

$$\dot{x} = -g(x + C_0), \quad (8)$$

де  $C_0$  – постійна інтегрування, яку знаходимо з граничних умов (5):

$$C_0 = -\frac{V_{0x}V_{0y}}{g} - x_0. \quad (9)$$

Отже, перший інтеграл системи диференціальних рівнянь (4) має вигляд

$$\dot{x} + gx = V_{0x}V_{0y} + gx_0. \quad (10)$$

З урахуванням (10) систему (4) запишемо у вигляді

$$\begin{cases} \dot{x} = -k_v \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} x, \\ \dot{x} + gx = V_{0x}V_{0y} + gx_0. \end{cases} \quad (11)$$

З другого рівняння системи (1) знайдемо похідну  $\dot{x}$  і підставимо її в перше рівняння даної системи. Отримаємо:

$$\begin{cases} \dot{x} = -k_v \sqrt{\dot{x}^2 + g(x + C_0)^2}, \\ \dot{x} = \frac{V_{0x}V_{0y} + gx_0 - gx}{\dot{x}}. \end{cases} \quad (12)$$

Виходячи з аналізу руху матеріальної точки, за допомогою програмного забезпечення «MatCad» на персональному комп'ютері прораховано та отримано теоретичну криву розподілу добрив по поверхні ґрунту.

Алгоритм розрахунку включає в себе:

- визначення параметрів входу добрив в ротор, а саме координати точки входу в ротор, кутове положення лопатки при вході потраплянні добрив в ротор;
- визначення параметрів точки зіткнення лопатки з матеріальною частинкою добрив, що найбільше проникає в ротор;
- для матеріальної точки визначаємо параметри виходу з ротора, а саме положення лопатки при виході матеріалу

з ротора, координати точки виходу добрив з ротора, модуль швидкості та її складові на виході з ротора;

- визначаємо розподіл за дальністю польоту для кожної матеріальної точки, враховуючи розподіл добрив за аеродинамічними характеристиками.

Дальність польоту добрив, які попадаються на скошену лопатку, проводяться аналогічно, тільки в ролі  $R$  (радіус лопатки ротора) виступає значення  $r_i$  – змінний радіус.

Так, товщина подачі матеріалу стрічковим транспортером складає 50 мм, радіус розподільчого ротору 250 мм, частота обертання 600 об/хв. На рис. 2 представлено епюри розподілу добрив з лопатками із радіальним скосом та без радіального скосу (пряма лопатка).

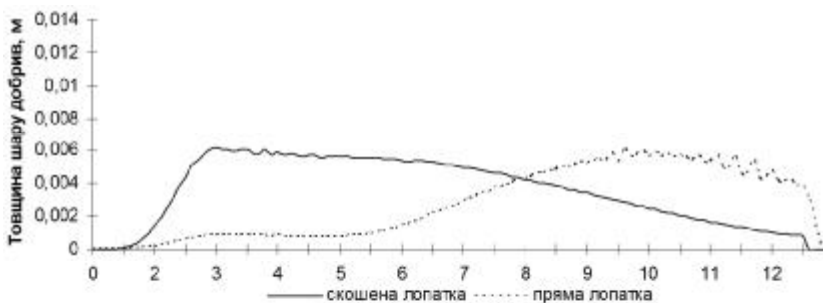


Рис.2. Теоретичний розподіл добрив по поверхні ґрунту

**Висновки.** Таким чином, представлена математична модель розподілу фракційного складу матеріалу відносно значення коефіцієнту витання дає можливість отримати більш точну епюру розподілу добрив з неоднорідним фракційним складом органічних добрив.

Список використаних джерел:

1. Dirk Quest. Gut in der breite aber in der Lange. Deg – test. De – Prankfurt / M. — 2001, № 1. — р. 14—19.
2. Марченко Н. М. Механизация внесения органических удобрений [текст] / Н. М. Марченко, Г. И. Личман, А. Е. Шелбалкин. — М. : Агропромиздат, 1990. — 207 с.
3. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин [текст] / П. М. Василенко. — К. : УАСХН, 1960. — 284 с.

4. Кукибный А. А. Метательные машины [текст] / А. А. Кукибный. — М. : Машиностроение, 1964. — 196 с.
5. Модульно-адаптивні технічні засоби для виробництва і внесення органічних добрив [текст] / М. К. Лінник, Г. А. Голуб, В. О. Кудря та ін. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. — Мелітополь, 2004. — Вип. 21. — С. 123—129.
6. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики [текст] / Н. Н. Бухгольц. — М. : Наука, 1972. — 468 с.

**В.О. Кудря. Влияние аэродинамических свойств органических удобрений на качество распределения по поверхности почвы.**

*Изложены результаты исследований фракционного состава органических удобрений с использованием нормального закона распределения относительно значения коэффициента витания. Получена теоретическая модель распределения удобрений с учетом их аэродинамических характеристик. Представлен алгоритм расчета и графическое распределение органических удобрений по поверхности почвы с учетом конструктивных особенностей распределительного органа.*

**V. Kydrua. The influence of aerodynamic quality of organic fertilizers on soil surface.**

*The results of studies of the fractional composition of organic fertilizers, using the normal distribution are considered. The theoretical model of distribution of fertilizers taking into account their aerodynamic properties is given. The algorithm for calculation and graphical distribution of organic fertilizers on the soil surface, taking into account the structural features of the distribution agency is prposed.*