

## МЕТОДИКА ТА ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗКИДНОГО ДИСКА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

*к. т. н. О. Крупич, асистент С. Левко  
Львівський національний аграрний університет*

**Аналіз проблеми.** На сьогодні в Україні значну частку у вирощуванні сільськогосподарських культур займають дрібні та середні селянські господарства. Традиційна селянська технологія не передбачає внесення мінеральних добрив через відсутність необхідних машин та агрегатів, в першу чергу для рівномірного розкидання по всій площі. Тому удосконалення робочих органів дискового розкидача мінеральних добрив є важливим фактором для збільшення врожайності в західному регіоні України.

Аналіз досліджень різних авторів [1, 3, 6, 7] та патентних матеріалів [9, 10] виявив, що для розкидання мінеральних добрив доцільно використовувати дводисковий розкидний пристрій. На процес розкидання мінеральних добрив дисковим розкидачем впливають такі основні фактори: частота обертання, кут нахилу дисків, а також розміщення лопаток на поверхні диска. Від них залежить рівномірність розкидання та енергоємність процесу.

Для ефективного розкидання мінеральних добрив у селянських господарствах західного регіону України потрібно розробити зручний, дешевий і простий спосіб визначення параметрів дискового розкидача із різними фізико-механічними властивостями, який уможливив би якіснішу підготовку агрегату до роботи.

**Огляд останніх досліджень.** На сьогодні проблеми та результати досліджень спрямовані на підвищення якісних показників дискових розкидачів мінеральних добрив достатньо повно висвітлені в працях вчених: В.П. Горячкіна, П.М. Василенка, П.В. Сисолина, Л.В. Погорелова, П.В.Савича, В.В. Адамчука та інших.

У статті [3] автори проаналізували розкидачі мінеральних добрив та порівняли механізми і принципи роботи розкидних пристроїв. Порівнювали п'ять машин заводного виробництва: Amazone ZA-M, Bogballe M3W, Rauch AXIC 30.1, KUHN MDS 1141, Kverneland EDW 1500. В усіх машинах передбачено регулювання норми внесення добрив по ширині залежно від виду добрив та швидкості руху машини. Особливостями розкидних пристроїв даних розкидачів є те, що на них встановлені диски з лопатками в яких передбачено зміну довжини лопатки та кута встановлення відносно радіуса диска.

Теорією руху матеріальної точки по шорсткому диску, що обертається навколо вертикальної осі, займався багато дослідників. Найбільш повно це питання викладено в монографії П.М. Василенка [2]. Одержавши диференційні рівняння руху частинки в загальному вигляді, він припустив, що траєкторією руху її є логарифмічна спіраль. Ця гіпотеза (конкретизація форми траєкторії) дає можливість автору розв'язати задачу в замкненому вигляді (в елементарних функціях) з визначенням аналітичних формул для розрахунку швидкості і часу руху частки заданою траєкторією. Більшість авторів [1,6-8]

для розв'язання задачі про рух частинки по шорсткому диску, який обертається відносно вертикальної осі, використовують результати досліджень П.М. Василенка.

У праці [4] викладена теорія руху кулеподібної частинки по горизонтальному з ортогональними лопатками обертальному диску. Вивчені характерні особливості її руху як по криволінійних, так і по прямолінійних лопатках. Дальність польоту частинки добрив визначаються теоретично за відомими методиками [5–8].

Без урахування опору повітря польоту частинок рух їх можна бути наближено описаний параметричними рівняннями:

$$x = v_a \cdot t, \quad y = \frac{gt^2}{2}, \quad (1)$$

де  $x$  і  $y$  – координати частинки;  $t$  – час падіння частинки;  $v_a$  – абсолютна швидкість частинки.

Абсолютна швидкість  $v_a$  сходження частинки добрив з диска [1]:

$$v_a = \sqrt{\frac{\omega^2 D^2}{4} + (v_r \cos \psi_0)^2}, \quad (2)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання диска,  $\text{с}^{-1}$ ;  $D$  – діаметр диска, м;  $v_r$  – відносна швидкість частинки, м/с;  $\psi_0$  – кут встановлення лопатки, град.

Відносну швидкість визначають так [1]:

$$v_r = \frac{\omega}{1 + \sin \varphi} \cdot ((R - r_0) \cos \varphi + r_0 \cos(\psi_0 + \varphi)), \quad (3)$$

де  $\varphi$  – кут тертя добрив по матеріалу диска, град.;  $R$  – радіус диска, м;  $r_0$  – радіус падіння частинки на диск, м.

Якщо висота встановлення диска  $H = y$ , то дальність польоту  $L$  частинки мінеральних добрив:

$$L = v_a \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (4)$$

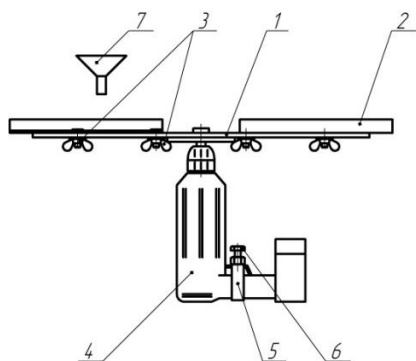
де  $H$  – висота встановлення диска, м.

За цією залежністю визначають дальність польоту частинки мінеральних добрив без урахування опору повітря.

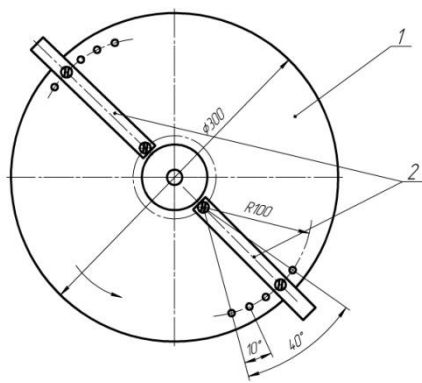
**Постановка завдання.** Необхідно розробити просту методику (експрес аналіз) та прилад для визначення параметрів дискового розкидача мінеральних добрив зі змінним кутом встановлення лопатки.

**Виклад основного матеріалу.** Для визначення дальності польоту частинки добрив залежно від кута встановлення лопатки розробили установку (рис. 1), що складається із розкидного диска 1 (рис. 1) на якому закріплені лопатки 2, що мають П-подібну форму. Лопатки закріплені на диску за допомогою болтового з'єднання 3 так, щоб можна було змінювати їх кут нахилу відносно напрямку обертання диска. Розкидний диск 1 закріплений у патроні шурупокрута 4. Для регулювання та фіксування обертів шурупокрута на кнопці-регуляторі встановлений хомут 5 із регулювальною гайкою 6. Для подачі добрив на диск використовували металеву лійку 7.

Для зміщення лопаток на диску відносно напрямку обертання виконані отвори в кількості 5 штук із кроком у  $10^\circ$  таким чином, щоб зовнішній кінець лопатки можна було зміщувати на кут від  $+10^\circ$  до  $-30^\circ$ .



а



б

Рис. 1. Схема та загальний вигляд установки для визначення дальності польоту частинки добрив: а – установка із тахометром годинниковим; б – розкидний диск із лопатками; 1 – розкидний диск; 2 – лопатки; 3 – болтове з'єднання; 4 – шурупокрут; 5 – хомут; 6 – регулювальний болт.

*Методика визначення дальності польоту частинки добрив.* Зафіксували розкидний диск в шурупокруті і встановили конструкцію в горизонтальному положенні на висоті 80 см від площадки. Шурупокрутом обертали диск з частотою обертання в діапазоні 700...1100 об/хв. Через лійку добрива подавали на диск, на відстань  $r_0$  від центра диска для трьох значень 100; 120; 140 мм. Заміряли дальність польоту частинки  $L$  згідно рисунка 2. Оберти фіксували тахометром годинниковим ТЧ 10-Р ( $n = 50 \dots 10000$  об/хв із похибкою  $\pm 1\%$ ). Для замірів дальності польоту частинки добрив використовували лазерний дальномір Dewalt DW030P (похибка  $\pm 3$  мм). Застосовували мінеральні добрива аміачної селітри у вигляді гранул розміром 3...5 мм. Досліди проводилися в трьохкратній повторності. Результати досліджень обробляли за допомогою персонального комп'ютера зі встановленим пакетом Microsoft Office: Excell, Word.

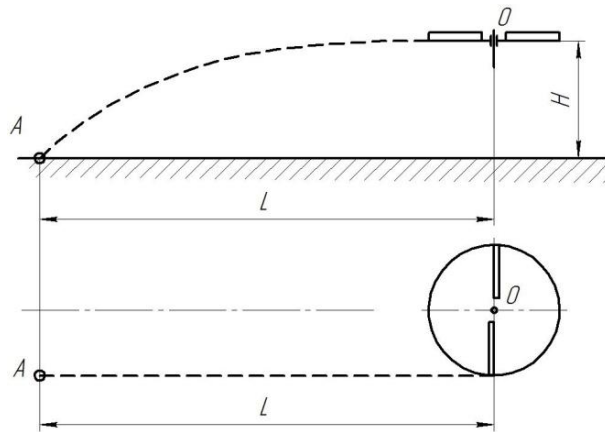


Рис. 2. Схема проведення замірів дальності польоту частинки  $L$ .

Побудували залежність дальності польоту частинки від кута встановлення лопатки на диску за різних частот обертання (рис. 3), де експериментальні значення показані у вигляді точок  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ ,  $4'$  а теоретичні залежності розраховані за рівняннями (2)–(4) у вигляді кривих 1–4.

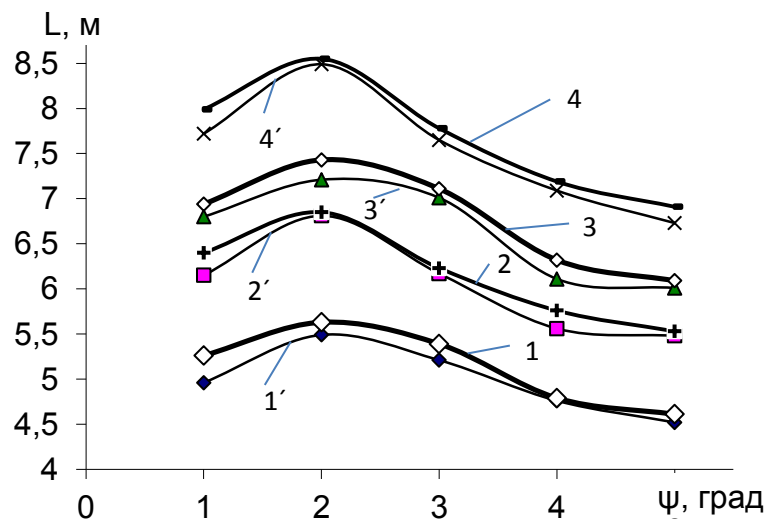


Рис. 3. Залежність дальності польоту частинки добрив від кута встановлення лопатки (при  $r_0 = 100$  мм):  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ ,  $4'$  – експериментальні криві відповідно для частот обертання 723; 867; 954 та 1082 об/хв; 1–4 – теоретичні криві відповідно для частот обертання 723; 867; 954 та 1082 об/хв.

Як бачимо, для всіх випадків встановлення лопатки під кутом зі збільшенням частоти обертання диска дальність польоту частинки зростає. Проте зі встановленим кутом  $\psi = 0$  дальність польоту частинки найбільша, і для частоти 723 об/хв становить

5,49 м, а для 1082 об/хв. – 8,49 м. Найменші значення дальності польоту для лопатки із кутом встановлення  $\psi = -30^\circ$ , відповідно 4,52 м і 6,73 м.

Експериментальні криві значень дальності польоту частинки мають подібну форму – з  $\psi = 10^\circ$  до  $\psi = 0^\circ$  дальність польоту зростає, а з  $\psi = 0^\circ$  до  $\psi = -30^\circ$  плавно спадає. Проте для більших частот обертання диска  $n = 954$  об/хв і  $n = 1082$  об/хв значення мають більші відхилення, це пояснюється руйнуванням частинок добрив від удару їх під час падіння на диск та різкою зміною напрямку руху.

Експериментальні значення підтверджуються теоретично розрахованими (рівняння (2)–(4)) кривими. Тому для гранул розміром 3...5 мм аміачної селітри доцільно частоту диска встановлювати в межах 700...900 об/хв і кут відхилення лопатки в межах  $0^\circ$ ... $-10^\circ$ . Для мінеральних добрив іншого хімічного складу необхідно виконувати окремі дослідження.

Проаналізувавши отримані результати, можемо рекомендувати встановлювати значення відхилення лопатки від напрямку обертання диска на кут у межах  $0^\circ$ ... $-10^\circ$  та встановлювати високу частоту обертання, щоб одержати найбільшу дальність польоту частинки добрив.

Отримані дані свідчать про доцільність використання методики і приладу, бо вони враховують опір повітря під час польоту частинки. Подальші дослідження необхідно спрямувати на визначення дальності польоту частинок від довжини лопатки, а також рівномірність розкидання добрив по ширині та довжині.

**Висновок.** Аналіз сучасних розкидних пристроїв дискового відцентрового типу показав, що існує необхідність розробки більш простого і доступного методу визначення дальності польоту частинки.

Запропонована проста і достатньо точна методика визначення дальності польоту частинки мінеральних добрив дисковими відцентровими розкидачами зі змінним кутом нахилу лопатки. Прилад та методику можна застосовувати на виробництві для експрес аналізу та визначення оптимальних режимів роботи дискових відцентрових розкидачів існуючих машин у відповідності до фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.

### Бібліографічний список

1. Босой Е. С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
2. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К.: УАХСН, 1960. – 283 с.
3. Войновський В. Порівняння механізмів та принципу роботи розкидачів мінеральних добрив / В. Войновський, А. Войновська, І. Коломієць, О. Сліпченко // Техніка і технології АПК. – Вересень 2014. – № 9(60). – С. 18–20.
4. Заика П. М. Избранные задачи земледельческой механики / П. М. Заика. – К.: УСХА, 1992. – 510 с.
5. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Машини для приготування і внесення добрив / П. М. Заїка. – Харків: Око, 2002. – Т. 1, ч. 3. – 352 с.
6. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин., В. А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 752 с.

7. Листопад Г. Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г. Е. Листопад, Г. К. Демидов, Б. Д. Зонов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
8. Хайлис Г. А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. – К. : Изд-во УСХА, 1992. – 236 с.
9. Пат. №51419 Україна, МПК А01С17/00. Відцентрова машина для внесення мінеральних добрив / В. В. Адамчук, В. К. Мосеєнко. – Опубл. 15.11.2002; Бюл. № 11.
10. Пат. № 62160 Україна, МПК А01С17/00. Однодискова машина відцентрового типу для внесення мінеральних добрив / О. В. Адамчук. – Опубл. 15.12.2003; Бюл. № 12.

**О. Крупич, С. Левко. Методика та прилад для визначення параметрів розкидного диска мінеральних добрив.**

Розглянуто проблему визначення рівномірності розкидання та дальності польоту частинки мінеральних добрив дисковими відцентровими розкидачами. Проаналізовано існуючі їх конструкції і аналітичні методи визначення дальності польоту частинки добрив. Запропоновано прилад та методику для визначення дальності польоту частинки мінеральних добрив дисковим розкидачем зі змінним кутом встановлення лопатки. Подано результати досліджень дальності польоту частинки залежності від частоти обертання диска та кута встановлення лопатки. Порівняно експериментальні та теоретичні дані і зроблено відповідні висновки.

**Ключові слова:** мінеральне добриво, частота, диск, лопатка, кут.

**O. Krupych, S. Levko. Method determining particle flight range of mineral fertilizers.**

The article considers problem of definition uniformity spreading, and the flight range of the particle mineral fertilizers disc spinner.. Analyzed the existing design of centrifugal disc apparatus for spreading fertilizer and analytical methods for determining flight range of mineral fertilizer particles. A device and methods for determining flight range of particle mineral fertilizer spreader disk with variable-pitch blades. The results of the research flight range of the particles, depending on the speed and angle of the disk of the blade. Comparison of experimental and theoretical data and draw appropriate conclusions.

**Keywords:** mineral fertilizers, frequency drive, the blade angle.

**О. Крупич, С. Левко. Методика и прибор для определения параметров перекидного диска минеральных удобрений.**

Рассмотрена проблема определения равномерности разбрасывания и дальности полёта частицы минеральных удобрений дисковыми центробежными разбрасывателями. Проанализированы существующие их конструкции и аналитические методы определения дальности полета частицы удобрений. Предложено устройство и методику для определения дальности полета частицы минеральных удобрений дисковым разбрасывателем с переменным углом установки лопатки. Представлены результаты исследований дальности полета частицы зависимости от частоты вращения диска и угла установки лопатки. Проведено сравнение экспериментальных и теоретических данных и сделаны соответствующие выводы.

**Ключевые слова:** минеральное удобрение, частота, диск, лопатка, угол.