



Механізація, електрифікація

УДК 633.331

© 2016

В.М. Булгаков,
академік НААН,
доктор технічних наук

Національний
університет біоресурсів
і природокористування
України

О.В. Адамчук

Державне підприємство
«Науково-технічний центр
сертифікації «АгроСЕПРО»
НААН

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Мета. Визначення оптимальних кінематичних і конструктивних параметрів відцентрового розкидача мінеральних добрив. **Методи.** Використано методи теорії сільськогосподарських машин, теоретичної механіки, вищої математики, а також складання програм і чисельних розрахунків на ПК. **Результати.** Отримано нове диференціальне рівняння руху матеріальної частинки мінерального добрива уздовж лопатки відцентрового робочого органа розкидача з урахуванням кута нахилу розсіювального диска і наведено його повне розв'язання в замкнутому вигляді. **Висновки.** Установлено графічні залежності зміни значення абсолютної швидкості сходу частинки добрив з відцентрового розсіювального робочого органа від значень кута між його віссю обертання і вертикальною площиною, а також зміни значень радіусів подачі добрив і різних кутових швидкостей обертального руху розсіювального диска.

Ключові слова: мінеральне добриво, відцентровий розкидач, матеріальна частинка, рух, сила, математична модель, диференціальне рівняння, абсолютна швидкість.

Ефективність виробництва різних сільськогосподарських культур значною мірою залежить від застосування мінеральних добрив, які найчастіше вносять на поля поверхневим способом, розкиданням за допомогою машин, обладнаних відцентровими розсіювальними робочими органами. Ці робочі органи, маючи безсумнівні переваги перед робочими органами інших типів, однак потребують подальшого вдосконалення щодо насамперед, рівномірності розподілу добрив по поверхні поля. Запропоновані нами нові конструкції відцентрових розсіювальних робочих органів з

осями обертання, нахиленими під кутом до горизонтальної площини, підвищують деякі показники ефективності, однак дослідження та подальший пошук їх оптимальних конструктивних і кінематичних параметрів — актуальне науково-технічне завдання.

Відомо, що робоча ширина захвату машини для внесення мінеральних добрив відцентровим способом залежить від величини абсолютної швидкості V_{AC} сходу добрив з поверхні її розсіювального робочого органа (диска) і кута α_{AC} між його вектором і горизонтальною площиною. Величина V_{AC} залежить від геометричних параметрів і кінематичних

режимів роботи відцентрового розсіювального робочого органа, а також від фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.

У результаті проведених досліджень оптимізовано геометричні параметри відцентрового розсіювального робочого органа з урахуванням фізико-механічних властивостей мінеральних добрив [1]. Водночас установлено, що швидкість роботи відцентрового розсіювального робочого органа залежить від міцності гранул добрив. Тому за наявних конструкційних матеріалів і видів добрив можливість збільшувати робочу ширину захвату машин збільшенням величини V_{AC} вичерпано.

Під час створення відцентрового розсіювального робочого органа з похилою віссю обертання потрібно мати методика, що забезпечувала б визначення абсолютної швидкості сходу добрив з його поверхні й кута між вектором останнього й горизонтальною площиною залежно від параметрів і режимів роботи відцентрового розсіювального робочого органа, а також фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Установлено, що збільшити ширину захвату розкидання мінеральних добрив відцентровим розсіювальним робочим органом можна завдяки досягненню раціональних значень кута α_{AC} [2]. Отримані результати дослідження свідчать про те, що раціональні значення α_{AC} перебувають у межах $30-35^\circ$. Водночас установлено, що наявні відцентрові розсіювальні робочі органи можуть забезпечити досягнення значення α_{AC} не більше ніж $15,7^\circ$ [3]. Відцентрові розсіювальні робочі органи з похилою віссю обертання забезпечують досягнення раціональних значень α_{AC} [2].

Відома методика, за використання якої можна визначати абсолютну швидкість сходу частинки добрив з відцентрового розсіювального робочого органа, вісь обертання якого вертикальна [4], і методика, за якою можна визначати абсолютну швидкість сходу частинки добрив з відцентрового розсіювального робочого органа, вісь обертання якого горизонтальна [5, 6], на жаль, не розглядають методики визначення абсолютної швидкості сходу частинки добрив з відцентрового розсіювального робочого органа, вісь обертання якого розташована похило до горизонтальної площини.

Мета досліджень — визначення оптимальних кінематичних і конструктивних

параметрів відцентрового розкидача мінеральних добрив на підставі одержання нових аналітичних залежностей абсолютної швидкості руху частинок мінеральних добрив у момент їх сходу з розсіювального диска, вісь обертання якого розташована під кутом до горизонтальної площини, а лопатки радіально встановлені на його робочій поверхні.

Методи досліджень. Під час виконання аналітичного дослідження використано методи теорії сільськогосподарських машин, теоретичної механіки, вищої математики, а також методи складання програм і чисельних розрахунків на ПК.

Результати досліджень і їх обговорення. Розроблена нами для відцентрового розкидача мінеральних добрив конструкція відцентрового розсіювального робочого органа з похилою віссю обертання включає кінематично з'єднаний з механізмом приводу в обертальний рух плоский диск із радіально встановленими на його робочій поверхні лопатками. Вісь обертання відцентрового розсіювального робочого органа (диска) розміщена під кутом α до горизонтальної площини.

Для такого відцентрового розсіювального робочого органа мінеральних добрив побудуємо розрахункову математичну модель руху матеріальної частинки уздовж його радіально розміщеної лопатки при тому, що вісь обертання розсіювального диска має нахил. Спочатку побудуємо еквівалентну схему, на якій позначимо матеріальну частинку мінерального добрива, що рухається уздовж лопатки нахиленого розсіювального диска, і визначимо сили, які на неї діють (рис. 1). Вважаємо, що точка M — початкове положення частинки мінерального добрива на лопатці (рис. 2); точка S — поточне положення частинки добрива на лопатці; точка O — центр обертання відцентрового розсіювального робочого органа (диска).

Для спрощення аналітичного рішення цього завдання припускаємо:

- коефіцієнт тертя частинки мінерального добрива об поверхню лопатки має постійне значення;
- характер руху кожної частинки добрива однаковий і відповідає характеру руху всієї маси добрив уздовж лопатки;
- частинка добрива рухається уздовж лопатки по відрізу, що є загальним для

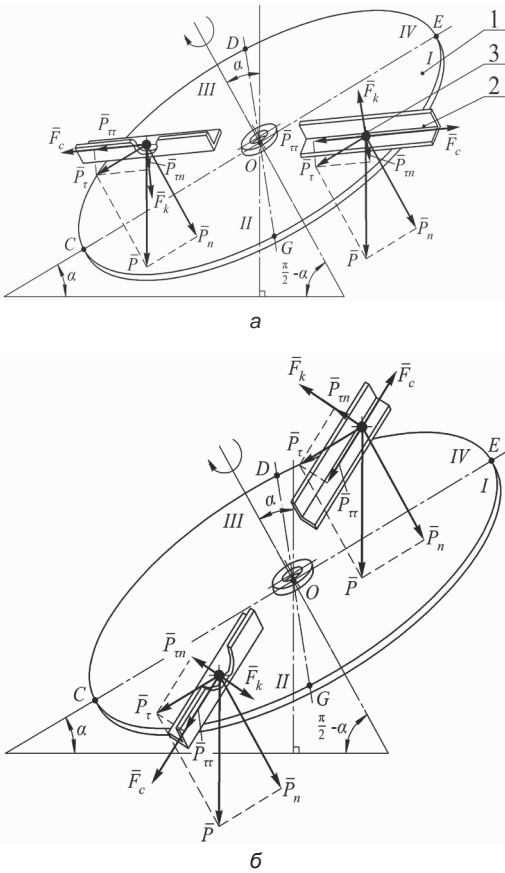


Рис. 1. Еквівалентна схема руху частинки мінерального добрива уздовж лопатки розсіювального диска, нахиленого під кутом α до горизонтальної площини (а, б — відповідно частинка добрив рухається уздовж лопатки у межах секторів I, III і II, IV): 1 — диск; 2 — лопатка; 3 — частинка добрива

вертикальної стінки лопатки і її днища, без кочення;

- товщиною лопатки й діаметром частинки мінерального добрива зневажаємо.

Досить істотною відмінністю розсіювання частинок мінеральних добрив відцентровим розсіювальним робочим органом з похилою віссю обертання, порівняно з горизонтально розташованим, є те, що тут є деякі розходження в розташуванні векторів, прикладених до матеріальної частинки сил, залежно від того, у яке місце нахиленого відцентрового диска подаються й захоплюються лопатками мінеральні добрива: у верхню частину нахиленого диска або в нижню, у

праву від осі обертання або в ліву частину. Цю обставину також потрібно врахувати під час аналітичного вирішення цього завдання.

Оскільки значення абсолютної швидкості V_{AC} (див. рис. 2) сходу частинки добрива з відцентрового розсіювального робочого органа — це сума відносної швидкості V_{rc} руху частинки добрива в момент її сходу з поверхні відцентрового розсіювального диска ($m \cdot c^{-1}$) і переносної швидкості V_{NC} руху частинки добрива в момент її сходу з поверхні відцентрового розсіювального робочого органа ($m \cdot c^{-1}$), тобто $V_{AC} = \sqrt{V_{rc}^2 + V_{NC}^2}$, а переносна швидкість V_{NC} , у свою чергу, дорівнює $V_{NC} = \omega R$, де ω — кутова швидкість відцентрового розсіювального робочого органа (c^{-1}) і R — радіус відцентрового розсіювального робочого органа (м), то для визначення швидкості V_{AC} потрібно спочатку визначити невідому відносну швидкість V_{rc} .

З огляду на те, що проекція складової сили ваги \bar{P} частинки добрива на відрізок AB у процесі її руху уздовж лопатки змінює напрямок вектора, доцільно розділити відцентровий розсіювальний робочий орган на сектори таким чином, щоб напрямок вектора в процесі її руху в межах кожного сектора не змінювався. Виконавши це, одержуємо 4

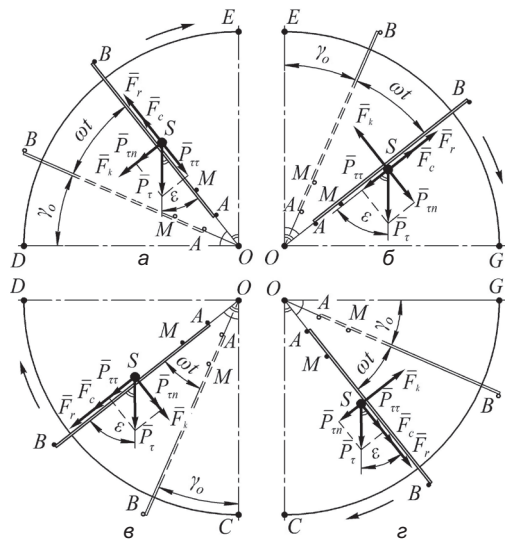


Рис. 2. Схема для визначення результуючої сили, під дією якої частинка мінерального добрива рухається уздовж лопатки відцентрового розсіювального диска: а, б, в, г — відповідно частинка добрива рухається уздовж лопатки в межах секторів IV, I, III й II

однакових сектори: EOG — I; GOC — II; COD — III; DOE — IV (див. рис. 2).

Відрізки EC і DG є взаємно перпендикулярними діаметрами плоского розсіювального диска, а відрізок EC утворить із горизонтальною площиною кут α .

Визначимо значення сил, які діють на матеріальну частинку M мінерального добрива, і складемо рівняння для визначення результуючої сили F_r , під дією якої ця частинка рухатиметься уздовж лопатки (див. рис. 2). Оскільки матеріальна частинка M мінерального добрива рухається прямолінійно уздовж поверхні лопатки, то наведемо це рівняння у вигляді проекцій на вісь, що збігається з поверхнею самої лопатки:

$$F_r = F_c \pm P_{\tau\tau} - f_r F_k - f_r P_n - f_r P_{tn}, \quad (1)$$

де f_r — коефіцієнт тертя частинки M добрива об поверхню лопатки.

Визначимо значення прикладених до матеріальної частинки M сил, що входять у вираз (1).

Результуючу силу, під дією якої частинка M мінерального добрива рухається уздовж лопатки, визначають так:

$$F_r = m \frac{d^2L}{dt^2}, \quad (2)$$

де m — маса частинки добрива, кг; L — відрізок, що пройшла частинка добрива уздовж лопатки, м; t — час руху частинки добрива уздовж лопатки, с.

Відцентрову силу \bar{F}_c інерції можна визначити за допомогою такого виразу:

$$F_c = m r \omega^2, \quad (3)$$

де r — відстань від центра обертання відцентрового розсіювального диска до поточного положення частинки добрива на лопатці, м; ω — кутова швидкість відцентрового розсіювального диска, s^{-1} .

Проекцію складової сили \bar{P}_τ ваги частинки добрива на відрізок AB визначають так:

$$P_{\tau\tau} = P_\tau \cos \varepsilon, \quad (4)$$

де ε — кут між складовою сили ваги \bar{P}_τ і її проекцією на відрізок AB , рад.

Складову сили \bar{P}_τ ваги частинки добрива, що діє уздовж поверхні диска паралельно відрізьку EC , визначають за таким виразом:

$$P_\tau = P \sin \alpha, \quad (5)$$

де α — кут між віссю обертання відцентрового розсіювального диска і вертикальною площиною, рад.

Сила \bar{P} ваги частинки добрива дорівнюватиме:

$$P = mg, \quad (6)$$

де g — прискорення вільного падіння, $m \cdot s^{-2}$.

Силу інерції Кориоліса визначають за таким виразом:

$$F_k = 2m\omega \frac{dL}{dt}. \quad (7)$$

Складові сили ваги частинки добрива, що діє по нормалі до днища лопатки, має такий вигляд:

$$P_n = P \cos \alpha. \quad (8)$$

Проекція складової сили P_τ ваги частинки добрива на нормаль n до відрізка AB дорівнюватиме:

$$P_{tn} = P_\tau \sin \varepsilon. \quad (9)$$

Слід зазначити, що якщо частинки (потік) мінеральних добрив надходять на поверхню відцентрового розсіювального диска у межах сектора I або IV, то в рівнянні (4) перед силою $P_{\tau\tau}$ потрібно ставити знак «-», а якщо в межах сектора II або III, то «+».

Підставивши значення сил, зумовлених виразами (2)–(9) у рівняння (1), одержимо диференціальне рівняння руху частинки M мінерального добрива уздовж лопатки відцентрового розсіювального диска, нахиленого під кутом α до горизонтальної площини:

$$m \frac{d^2L}{dt^2} = m r \omega^2 \pm m g \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon - f_r \left(2m\omega \frac{dL}{dt} + m g \cos \alpha + m g \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon \right). \quad (10)$$

Як бачимо з рис. 2, залежно від того, у якому секторі проводитиметься подача мінеральних добрив на поверхню відцентрового розсіювального диска, значення кута ε між складовою вектора сили \bar{P}_τ ваги і її проекцією на відрізок AB будуть різними.

Далі визначимо відстань r від центра обертання відцентрового розсіювального диска до поточного положення S частинки добрива на лопатці за допомогою такого виразу:

$$r = r_0 + L, \quad (11)$$

де r_0 — радіус подачі частинки добрив на відцентровий розсіювальний диск, м.

У виразі (10) підставимо значення відстані r , зробимо ряд перетворень та одержимо:

$$\frac{d^2L}{dt^2} = \omega^2 r_0 + \omega^2 L \pm g \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon - 2f_r \omega \frac{dL}{dt} - f_r g \cos \alpha - f_r g \sin \alpha \cdot \sin \varepsilon. \quad (12)$$

Розглянемо випадок, коли добрива подаються на поверхню відцентрового розсіювального диска у межах сектора II (ГОС). Тоді рівняння (12) матиме вже такий вигляд:

$$\frac{d^2L}{dt^2} + 2f_r\omega \frac{dL}{dt} - \omega^2 L = (\omega^2 r_0 - f_r g \cos \alpha) + g \sin \alpha \cdot \sin(\gamma_0 + \omega t) - f_r g \sin \alpha \cdot \cos(\gamma_0 + \omega t). \quad (13)$$

Отже, отримано лінійне диференціальне рівняння 2-го порядку з постійними коефіцієнтами та правою частиною. Його характеристичне рівняння таке:

$$\lambda^2 + 2f_r\omega\lambda - \omega^2 = 0, \quad (14)$$

а корені відповідно дорівнюватимуть:

$$\lambda_1 = \omega \left(\sqrt{f_r^2 + 1} - f_r \right),$$

$$\lambda_2 = \omega \left(-\sqrt{f_r^2 + 1} - f_r \right). \quad (15)$$

Запишемо загальне розв'язання \bar{L} рівняння (13) без правої частини:

$$\bar{L} = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t}, \quad (16)$$

де C_1 і C_2 — довільні сталі.

Знайдемо далі часткове розв'язання L^* рівняння (13).

Уведемо такі позначення:

$$\omega^2 r_0 - f_r g \cos \alpha = K, \quad g \sin \alpha = U. \quad (17)$$

Тоді права частина диференціального рівняння (13) з урахуванням прийнятих позначень буде такою:

$$K + U \sin(\gamma_0 + \omega t) - f_r U \cos(\gamma_0 + \omega t). \quad (18)$$

У цьому разі часткове розв'язання неоднорідного рівняння знайдемо за формулою:

$$L^* = W \sin(\gamma_0 + \omega t) + Z \cos(\gamma_0 + \omega t) + J, \quad (19)$$

де W , Z і J — невідомі коефіцієнти.

Ці невідомі коефіцієнти визначаємо методом невизначених коефіцієнтів. Для цього двічі продиференціюємо часткове розв'язання (19). Маємо:

$$\frac{dL^*}{dt} = \omega W \cos(\gamma_0 + \omega t) - \omega Z \sin(\gamma_0 + \omega t), \quad (20)$$

$$\frac{d^2L^*}{dt^2} = -\omega^2 W \sin(\gamma_0 + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_0 + \omega t). \quad (21)$$

Отримані вирази (20) і (21) підставимо в рівняння (13). Матимемо:

$$\begin{aligned} & -\omega^2 W \sin(\gamma_0 + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_0 + \omega t) + \\ & + 2f_r\omega \left[\omega W \cos(\gamma_0 + \omega t) - \omega Z \sin(\gamma_0 + \omega t) \right] - \\ & - \omega^2 \left[W \sin(\gamma_0 + \omega t) + Z \cos(\gamma_0 + \omega t) + J \right] = \\ & = K + U \sin(\gamma_0 + \omega t) - f_r U \cos(\gamma_0 + \omega t). \quad (22) \end{aligned}$$

Після потрібних перетворень виразу (22) отримуємо:

$$\begin{aligned} & -\omega^2 W \sin(\gamma_0 + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_0 + \omega t) + \\ & + 2f_r\omega^2 W \cos(\gamma_0 + \omega t) - 2f_r\omega^2 Z \sin(\gamma_0 + \omega t) - \\ & - \omega^2 W \sin(\gamma_0 + \omega t) - \omega^2 Z \cos(\gamma_0 + \omega t) - \omega^2 J = \\ & = K + U \sin(\gamma_0 + \omega t) - f_r U \cos(\gamma_0 + \omega t). \quad (23) \end{aligned}$$

Прирівняємо коефіцієнти за відповідних тригонометричних функцій. Маємо:

$$\left. \begin{aligned} -\omega^2 W - 2f_r\omega^2 Z - \omega^2 W &= U, \\ -\omega^2 Z + 2f_r\omega^2 W - \omega^2 Z &= -f_r U, \\ -\omega^2 J &= K \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

або

$$\left. \begin{aligned} -2\omega^2 W - 2f_r\omega^2 Z &= U, \\ -2\omega^2 Z + 2f_r\omega^2 W &= -f_r U, \\ -\omega^2 J &= K. \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

З отриманої системи лінійних рівнянь (25) щодо невідомих R , S і T знаходимо їх значення. Вони дорівнюватимуть:

$$J = -\frac{K}{\omega^2}, \quad Z = 0, \quad W = -\frac{U}{2\omega^2}. \quad (26)$$

Підставляючи значення отриманих коефіцієнтів (26) у вираз (19), одержуємо часткове рішення неоднорідного диференціального рівняння:

$$L^* = -\frac{U}{2\omega^2} \sin(\gamma_0 + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (27)$$

Загальне розв'язання диференціального рівняння (13) можна записати так:

$$\begin{aligned} L = \bar{L} + L^* &= C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} - \\ & - \frac{U}{2\omega^2} \sin(\gamma_0 + \omega t) - \frac{K}{\omega^2}. \quad (28) \end{aligned}$$

Довільні сталі C_1 і C_2 знаходимо з таких початкових умов за:

$$t = 0: L = 0, \quad \frac{dL}{dt} = 0.$$

Далі продиференціюємо за t вираз (18). Матимемо:

$$\frac{dL}{dt} = \lambda_1 C_1 e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 C_2 e^{\lambda_2 t} - \frac{U}{2\omega} \cos(\gamma_0 + \omega t). \quad (29)$$

Використавши наведені початкові умови, одержуємо невідомі C_1 і C_2 .

Підставивши отримані значення довільних сталих C_1 і C_2 у вираз (28), отримуємо остаточне розв'язання диференціального рівняння (13):

$$L = \left[\frac{U \cos \gamma_0}{2\omega(\lambda_1 - \lambda_2)} - \frac{U \lambda_2 \sin \gamma_0}{2\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} - \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} \right] e^{\lambda_1 t} + \left[-\frac{U \cos \gamma_0}{2\omega(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{U \lambda_2 \sin \gamma_0}{2\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{U \sin \gamma_0}{2\omega^2} + \frac{K}{\omega^2} \right] e^{\lambda_2 t} - \frac{U \sin(\gamma_0 + \omega t)}{2\omega^2} - \frac{K}{\omega^2}. \quad (30)$$

Вираз (30) зумовлює закон переміщення матеріальної частинки мінерального добрива уздовж лопатки відцентрового розсіювального диска, нахиленої під кутом α до горизонтальної площини.

З урахуванням отриманих значень довільних сталих отримуємо закон зміни швидкості V_r відносно переміщення частинки мінерального добрива уздовж лопатки в довільний момент часу t :

$$V_r = \frac{dL}{dt} = \left[\frac{U \cos \gamma_0}{2\omega(\lambda_1 - \lambda_2)} - \frac{U \lambda_2 \sin \gamma_0}{2\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} - \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} \right] \lambda_1 e^{\lambda_1 t} + \left[-\frac{U \cos \gamma_0}{2\omega(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{U \lambda_2 \sin \gamma_0}{2\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{K \lambda_2}{\omega^2(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{U \sin \gamma_0}{2\omega^2} + \frac{K}{\omega^2} \right] \lambda_2 e^{\lambda_2 t} - \frac{U}{2\omega} \cos(\gamma_0 + \omega t). \quad (31)$$

Для визначення часу t_1 руху частинки мінерального добрива уздовж лопатки від точки її подачі (точка М) до точки її сходу з лопатки (точка В) потрібно у виразі (30) замість L підставити його значення $L = R - r_0$, що визначає відстань між точками М і В, і розв'язати отримане рівняння щодо часу t_1 . Підставивши отримане значення часу t_1 у рівняння (31), отримуємо значення V_{rc} відносної швидкості руху частинки добрива в момент її

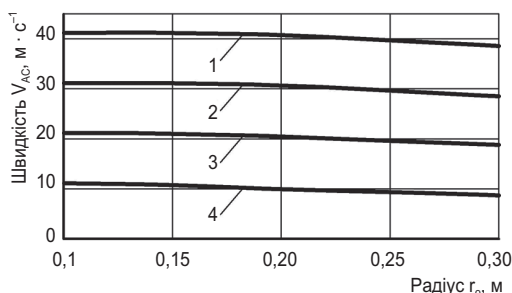


Рис. 3. Залежність абсолютної швидкості V_{AC} сходу частинки добрива від радіуса r_0 її подачі (добрива подаються на поверхню диска у секторі II за: $R=0,34$ м; $f_r=0,55$; $\alpha=30^\circ$; $\gamma_0=1^\circ$); 1 — $\omega=104,6$ с $^{-1}$; 2 — $\omega=78,5$ с $^{-1}$; 3 — $\omega=52,3$ с $^{-1}$; 4 — $\omega=26,2$ с $^{-1}$

сходу з поверхні розсіювального диска.

Отже, з урахуванням того, що $V_{AC} = \sqrt{V_{rc}^2 + V_{NC}^2}$, маємо змогу визначити величину абсолютної швидкості V_{AC} у момент сходу її з поверхні розсіювального диска, коли мінеральні добрива подаються на поверхню відцентрового розсіювального диска в межах сектора II (ГОС).

Використовуючи отримані аналітичні вирази, відповідно до розробленої програми були проведені чисельні розрахунки на ПК, які дали змогу визначити вплив параметрів ω , r_0 і α на V_{AC} .

Установлено, що збільшення α від 0° до 90° змінює V_{AC} не більше ніж на $0,1$ м·с $^{-1}$. Визначено вплив ω і r_0 на V_{AC} (рис. 3).

Як видно з графіків рис. 3, за $\omega=104,6$ с $^{-1}$ за збільшення r_0 від $0,1$ до $0,3$ м V_{AC} зменшується від $41,32$ до $38,21$ м·с $^{-1}$. Крім того, за збільшення ω від $26,2$ до $104,6$ с $^{-1}$ за $r_0=0,1$ м V_{AC} збільшується з $10,33$ до $41,32$ м·с $^{-1}$.

Вибір же сектора для подачі мінеральних добрив на розсіювальний диск незначно впливає на величину V_{AC} . Так, за $R=0,34$ м, $f_r=0,55$, $\alpha=90^\circ$, $r_0=0,2$ м, $\gamma_0=1^\circ$, $\omega=104,6$ с $^{-1}$ значення V_{AC} будуть такими: сектор I — $V_{AC}=40,74$ м·с $^{-1}$; II — $V_{AC}=40,78$ м·с $^{-1}$; III — $V_{AC}=40,75$ м·с $^{-1}$; IV — $V_{AC}=40,74$ м·с $^{-1}$.

Висновки

Теоретично отримано нові залежності, що описують рух частинки мінерального добрива уздовж радіально встановленої лопатки відцентрового розсіювального робочого органа, вісь обертання якого

розташована під кутом α до горизонтальної площини. Зокрема визначено абсолютну швидкість частинки мінерального добрива в момент її сходу з відцентрового розсіювального робочого органа.

Установлено, що за збільшення значення кута між віссю обертання відцентрового розсіювального робочого органа і вертикальною площиною α від 0° до 90° значення абсолютної V_{AC} швидкості сходу частинки добрив з відцентрового розсіювального робочого органа змінюється не більше ніж на $0,1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. За збільшення радіуса подачі добрив на відцентровий розсіювальний

робочий орган r_0 від $0,1$ до $0,3 \text{ м}$ за кутової швидкості відцентрового розсіювального робочого органа $\omega = 104,6 \text{ с}^{-1}$ V_{AC} зменшується від $41,32$ до $38,21 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Крім того, за збільшення ω від $26,2$ до $104,6 \text{ с}^{-1}$ за $r_0=0,1 \text{ м}$ V_{AC} збільшується від $10,33$ до $41,32 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Вибір сектора для подачі добрив на поверхню відцентрового розсіювального робочого органа незначно впливає на величину V_{AC} .

Бібліографія

1. Адамчук В.В. Вплив параметрів та режимів роботи розсіювального органа на сходження з нього частинок мінеральних добрив//Вісн. аграр. науки. — 2004. — № 12. — С. 42–45.

2. Bulgakov V. Theoretical investigations of mineral fertiliser distribution by means of an inclined centrifugal tool//V. Bulgakov, O. Adamchuk, S. Ivanov//Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. — September 7–9, 2016. — Prague, Czech Republic. — P. 109–116.

3. Biocca M. Aerodynamic properties of six organomineral fertilizer particles//M. Biocca//J. of Agricultural Engineering. — 2013. — № 44(83). — P. 411–414.

4. Хоменко Ю.В. Анализ конструкций зарубежных дисковых рассеивающих аппаратов машин для внесения минеральных удобрений//Ю.В. Хоменко, А.И. Шмелев//Сб. науч. тр. ВИСХОМ. Направления исследований и разработок машин для внесения в почву минеральных удобрений. — М.: ВИСХОМ, 1983. — С. 63–66.

5. Якимов Ю.И. Модернизация разбрасывателей минеральных удобрений МВУ-5 и МВУ-5А//Ю.И. Якимов, Н.И. Волошин, А.П. Карабаницкий//

Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1990. — № 7. — С. 27–29.

6. Якимов Ю.И. К проектированию места подачи удобрений на центробежный диск//Ю.И. Якимов, А.П. Карабаницкий//Тр. Кубанского СХИ. Совершенствование конструкций сельскохозяйственных машин. — Краснодар: Кубанский СХИ, 1976. — Вып. 136(164). — С. 10–15.

7. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин//П.М. Василенко. — К.: УАСХН, 1960. — 283 с.

8. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику//П.М. Василенко. — К.: Сельхозобразование, 1996. — 252 с.

9. Бабуха Г.Л. Взаимодействие частиц полидисперсного материала в двухфазных потоках//Г.Л. Бабуха, А.А. Шрайбер. — К.: Наук. думка, 1972. — 175 с.

10. Василенко П.М. Об уравнениях транспортировки частиц в сопротивляющихся средах//П.М. Василенко//Доклады ВАСХНИЛ. — 1970. — № 4. — С. 44–46.

11. Волков Е.А. Численные методы//Е.А. Волков. — М.: Наука, 1982. — 356 с.

Надійшла 6.09.2016.