УДК 631.333

А.С. Кобець, д-р з держ. упр., канд. техн. наук, М. М. Науменко, канд. техн. наук, Н.О.Пономаренко, канд. техн. наук
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпропетровськ, Україна, nanagieva@yandex.ua

Обгрунтування конструктивних параметрів робочого органа розкидача мінеральних добрив

Розроблено технологічні параметрів машин для внесення мінеральних добрив відцентрового типу.

З'ясована одна з можливих причин нерівномірності розсівання добрив розкидачами відцентрового типу. Виведені спрощені для інженерного застосування формули, що дають можливість обґрунтовувати конструкцію дискового розкидача добрив, який гарантовано покращує розсівання. Створено технічні засоби, а саме відцентрові диски з живильником, які впроваджені в серійне виробництво.

внесення добрив, мінеральні добрива, якість розподілення, продуктивність машин, параметри розкидачів

А.С. Кобец, д-р гос. упр., канд. техн. наук, Н.Н. Науменко, канд. техн. наук, Н.А. Пономаренко, канд. техн. наук
Днепропетровский аграрно-экономический университет, г.Днепропетровск, Украина

Обоснование конструктивных параметров рабочего органа разбрасывателя минеральных удобрений

Разработаны технологическе параметры машин для внесения минеральных удобрений центробежного типа.

Выяснена одна из возможных причин неравномерности рассева удобрений разбрасывателями центробежного типа. Выведены упрощенные для инженерного применения формулы, которые дают возможность обосновывать конструкцию дискового разбрасывателя удобрений, что гарантированно улучшает рассеивание. Разработаны технические средства, а именно разбрасывающие диски с питателем, которые внедрены в серийное производство.

внесение удобрений, минеральные удобрения, качество распределения, производительность машин, параметры разбрасывателей

Постановка проблеми. Нерівномірність розподілу поживних речовин по поверхні поля впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Розвиток машин для внесення добрив повинен бути спрямований, у першу чергу, в напрямку підвищення ефективності застосування добрив шляхом поліпшення якості їх розподілу по поверхні поля. Понад 90 % сучасних машин для внесення добрив обладнують відцентровими розсіювальними робочими органами, які успішно вносять гранульовані та дрібнокристалічні добрива і хіммеліоранти. Машини для внесення мінеральних добрив повинні досить точно (рівномірно) їх вносити. Так, нерівномірність по ширині захвату у машин вітчизняного виробництва досягає 60-80 %, що призводить до зниження ефективності застосування добрив. Таким чином, обґрунтування конструкції та параметрів відцентрового робочого органу машини для внесення мінеральних добрив є актуальною задачею [1–5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В результаті огляду літературних джерел встановлено, що нерівномірне внесення мінеральних добрив та вапна призводить до суттєвих втрат врожаю та погіршення його якості [1-5]. До негативних наслідків слід також віднести забруднення навколишнього середовища.

© А. С. Кобець, М. М. Науменко, Н. О. Пономаренко, 2015

Основними недоліками відцентрових машин для внесення мінеральних добрив є:

- висока нерівномірність розподілу зпоширині захвату;
- перерозподіл по фракціях в межах ширини захвату;
- відсутність стабільності ширини захвату.

Проблема нерівномірності внесення мінеральних добрив актуальна не тільки для України, а і для всього світу. Справа в тому, що технологічно зробити абсолютно однакові гранули дорого. Тому виробники допускають діапазон 1…5 мм в діаметрі. Більше 5 мм – гранули досить крихкі і до того ж при їх падінні доза мінеральних речовин буде надмірно велика. Гранули менші за 1 мм різко різняться за аеродинамічними властивостями. Світові виробники постійно знаходяться в пошуку перспективних рішень по відцентровим розкидачам, оскільки дисковий розкидач найбільш вигідний з точки зору продуктивності та якісних показників.

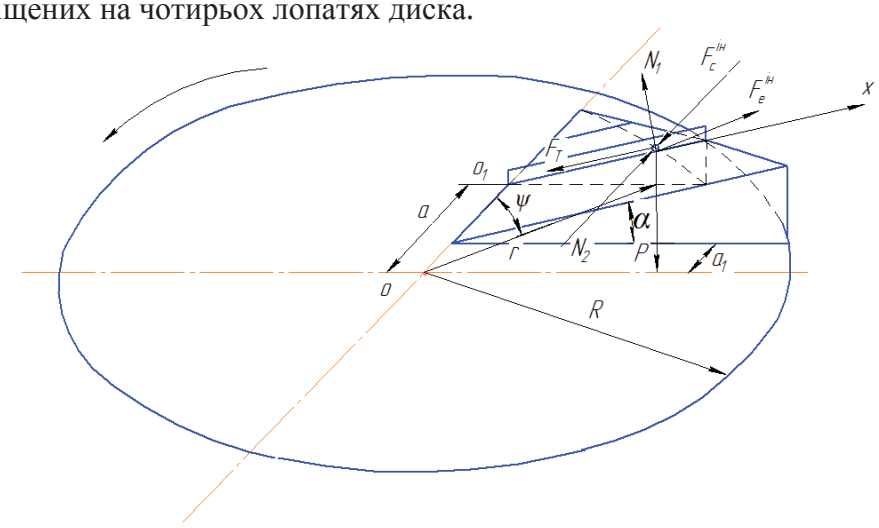
Наведені конструктивні рішення [1-5, 7] не виконують агротехнічної вимоги по нерівномірності внесення до 15 %, реально отримують більше 25 %.

Незважаючи на фундаментальні дослідження Адамчука В.В. [7] в теорії взаємодії гранули з диском та числені удосконалення конструкції робочого органа, рівномірність розсіву мінеральних добрив, яку забезпечують існуючі розкидачі, бажає бути кращою [1]. Сметнєв С.Д. особливу увагу приділив робочому органу відцентрового типу з закріпленими обертовими елементами [2], проте дана розробка складна у виготовлені. За мету було поставлено створення диска, здатного забезпечити технологічно-достатню рівномірність при розкиданні добрив.

Постановка завдання. Метою дослідження є підвищення показників якості внесення мінеральних добрив шляхом застосуваннявдосконаленого відцентрового розкидача мінеральних добрив.

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити математичну модель взаємодії гранули і лопатки диска з метою дослідження руху гранули та розрахунку швидкості і кута вильоту гранул за різних кутів нахилу лопатки.

Виклад основного матеріалу. Як показав аналіз процесу розсіювання добрив [1,3-5], розкидачі відцентрового типу можуть забезпечувати більш щільне засівання по краям смуги захвату. Для покращення рівномірності запропонована конструктивна схема (рис.1), що забезпечує різні початкові умови вильоту гранул з кожного з трьох ребер, розміщених на чотирьох лопатях диска.



$F_c^{ін}$ – Коріолісова сила інерції, $F_e^{ін}$ – перносна сила інерції, P – вага, N_1 – нормальна реакція лопаті в вертикальній площині, N_2 – нормальна реакція ребра (в горизонтальній площині), F_T – сумарна сила тертя

Рисунок 1 – Схема сил, що діють на гранули

У відповідності до прийнятої конструкції диска схема розсіювання передбачає, що ширина в оброблюваної ділянки, на яку вноситься добриво, розбивається на три частини. Кожне ребро на лопаті повинно вносити добрива на відведену йому територію. Для того щоб це відбувалося необхідно визначити довжину кожного ребра, а також положення його на лопаті. Будемо вважати, що мета буде досягнута, якщо гранули на середньому ребрі набуватимуть швидкість вильоту, достатню для засівання ділянки шириною захвату $2/3B$, а на короткому ребрі – $1/3B$. Для визначення швидкості вильоту туків з ребра, що починається на довільній відстані a від центра диска, використовується теорема додавання швидкостей [2]

$$\overline{V} = \overline{V}_r + \overline{V}_e, \tag{1}$$

де $\overline{V}_r$ – відносна швидкість, вздовж направляючого ребра;

$\overline{V}_e$ – переносна швидкість, яка для вилітаючої з диска частки визначається за відомої кутової швидкості диска ω і довжини ребра l як

$$\overline{V}_e = \omega \cdot \sqrt{l^2 \cos^2 \alpha + a^2}\ .$$

Відносна швидкість може бути знайдена за теоремою про зміну кінетичної енергії у відносному русі з формули [1]

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = A(F_e^{ін}) + A(F_{ТЛ}) + A(F_{ТР}) + A(P), \tag{2}$$

де $A(F_e^{ін})$ – робота переносної сили інерції $F_e^{ін}$ на переміщенні вздовж ребра;

$A(F_{ТЛ})$ – робота сили тертя, яка виникає на поверхні лопаті в результаті дії сили $F_e^{ін}$ та сили ваги туки P;

$A(T_{ТР})$ – робота сили тертя, яка виникає на поверхні вертикального ребра від дії сили інерції Коріоліса $F_c^{ін}$ та переносної сили $F_e^{ін}$;

$A(P)$ – робота сили ваги;

V_0 – початкова відносна швидкість.

Робота переносної сили інерції на переміщенні l визначається як

$$A\left(F_e^{ін}\right) = \frac{1}{2} m\omega^2 \left(R_K^2 - a^2\right), \tag{3}$$

де де R_K – відстань від осі обертання диска до краю ребра з індексом $к$, ($к$ = 1,2,3; для $к$ = 1 $R_K = R_1 = R$).

Сила тертя на поверхні лопаті $F_{ТЛ}$ визначається через нормальну реакцію N_1, яка обумовлена вагою туки P і переносною силою інерції $F_e^{ін}$, тобто

$$N_1 = P\cos\alpha + F_e^{ін} \sin\psi \sin\alpha\ .$$

Тоді

$$F_{ТЛ} = f\left(mg\cos\alpha + m\omega^2 r \cdot \frac{x}{r}\cos\alpha\sin\alpha \right) = fm\left(g\cos\alpha + \omega^2 x\cos\alpha\sin\alpha\right),$$

де f – коефіцієнт тертя.

Робота сили тертя на поверхні лопаті $A(F_{ТЛ})$ визначається як

$$A\left(F_{ТЛ}\right) = -fmg\sqrt{R_K^2 - a^2} - fm\omega^2 \cdot \frac{1}{2}\left(R_K^2 - a^2\right)\sin\alpha / \cos\alpha\ . \tag{4}$$

Сила тертя на поверхні ребра визначається визначається як

$$F_{ТР} = f\left(2m\omega V_r cos\alpha - m\omega^2 a\right). \tag{5}$$

Робота цієї сили визначається як

$$A\left(F_{\text{ТЛ}}\right) = -\int_0^l 2\, fm\omega V_r \cos\alpha dx + \int_0^l fm\omega^2 a dx \ . \tag{6}$$

Приймаючи, що початкова відносна швидкість $V_0 = \omega a \cos\alpha$ для $A(F_{\text{ТР}})$ отримаємо

$$A\left(F_{\text{ТР}}\right) = -fm\omega\left(\omega a\cos\alpha + V\right)\sqrt{R_K^2 - a^2} + fm\omega^2 a\sqrt{R_K^2 - a^2}\,/\cos\alpha\,. \tag{7}$$

Робота сили ваги P визначається як

$$A(P) = -mgl_K \sin\alpha \ . \tag{8}$$

Підставляючи вирази (3), (4), (7), (8) в формулу (2) отримаємо

$$\begin{aligned}\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} &= \frac{1}{2}m\omega^2\left(R_K^2 - a^2\right) - fmg\left(R_K^2 - a^2\right) - \\ - fm\omega^2 \cdot \frac{1}{2}\left(R_K^2 - a^2\right)&\sin\alpha/\cos\alpha - fm\omega\left(\omega a\cos\alpha + V\right)\left(R_K^2 - a^2\right) + \ . \\ + fm\omega^2 a\sqrt{\left(R_K^2 - a^2\right)}&/\cos\alpha - mgl_K\sin\alpha\end{aligned} \tag{9}$$

Якщо в останній вираз підставити відстань від центра до першого ребра ($a = a_1$), то можна отримати

$$\begin{aligned}\frac{mV^2}{2} - \frac{m}{2}\omega^2 a_1^2\cos\alpha &= \\ = \frac{1}{2}m\omega^2\left(R_K^2 - a_1^2\right) - fmg\left(R_K^2 - a_1^2\right) - \frac{1}{2}fm\omega^2\left(R_K^2 - a_1^2\right)&\sin\alpha/\cos\alpha - \\ - fm\omega^2 a_1\cos\alpha\sqrt{R_K^2 - a_1^2} - fmV\sqrt{R_K^2 - a_1^2} + \frac{fm\omega^2 a_1\sqrt{R_K^2 - a_1^2}}{\cos\alpha} - mgl_K\sin\alpha.\end{aligned}$$

Звідки для відносної швидкості на вильоті з довгого ребра можна отримати

$$V = -c_1 + \sqrt{c_1^2 - c_2} \ , \tag{10}$$

де $c_1 = f\omega\sqrt{R_K^2 - a_1^2}$;

$$\begin{aligned}c_2 = \omega^2 a_1\cos^2\alpha\left(a_1\cos\alpha - 2f\right)\sqrt{R_K^2 - a_1^2} + \omega^2\left(R_K^2 - a_1^2\right)\left(1 - f\sin\alpha/\cos\alpha\right) - \\ - 2fg\sqrt{R_K^2 - a_1^2} + 2f\omega^2 a1\sqrt{R_K^2 - a_1^2}\,/\cos\alpha - 2gl_K\sin\alpha\,.\end{aligned}$$

.

Тоді визначення абсолютної швидкості наведено

$$V_a = \sqrt{(V_a cos\alpha_0)^2 + (V_r\sin\alpha)^2}\ , \tag{11}$$

де α_0 – кут вильоту туки;

$V_a\cos\alpha_0$ – проекція швидкості вильоту на горизонтальну площину;

$V_r\sin\alpha$ – проекція швидкості вильоту на вертикальну площину.

Тоді для кута вильту можна отримати

$$\alpha_0 = \arccos\sqrt{(V_r cos\alpha)^2 + V_e^2 + 2V_e V_r cos\alpha\cos\gamma}\,/V_a \ . \tag{12}$$

Наведені формули дозволяють обґрунтувати деякі конструкційні характеристики розсіювача. Розрахунки проведено за такими вихідними даними: кутова швидкість диска ω=57,6 рад/с; радіус диска R=0,3м; кут нахилу лопаті α=0,5236 рад; коефіцієнт тертя туки по лопаті f=0,35.

Аналіз можливих варіантів конструкцій відцентрового робочого органа для внесення мінеральних добрив дозволив прийняти схему розкидача, конструкція якого передбачає формування розташування потоків гранул при завантажуванні.

На рис. 2 наведено схему, що якісно характеризує розподілення гранул за одночасного розсівання трьома ребрами. Відношення ΔS/ΔX – інтенсивність розподілення гранул по площі.

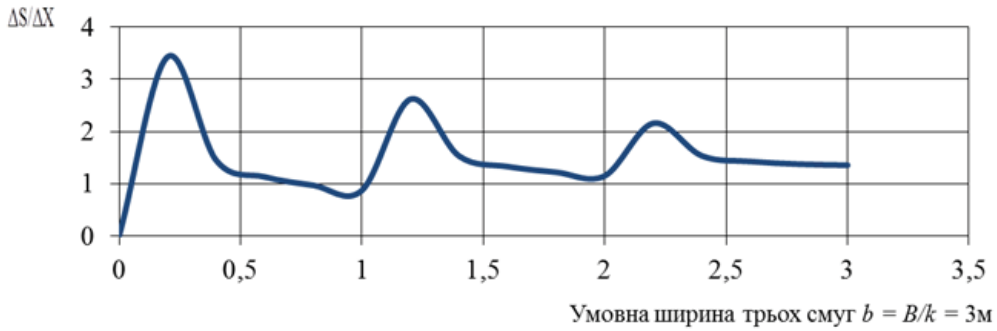


Рисунок 2 – Розподілення трьох потоків

Джерело: розроблено автором

Як видно з рис. 1, площі обмежені кривою інтенсивності розподілення, на кожній з трьох одиниць ширини смуги захвату приблизно рівні, тобто на кожну смугу випадає приблизно одна і та ж сама кількість гранул. Відносно нерівномірності розподілення гранул у межах однієї смуги можна зауважити, що наведена картина розподілення ідеалізована і передбачає: усі гранули «залітають», при роботі одного з ребер на одну і ту ж саму відстань. Реальність полягає в тому, що гранули не однакові за формою і об'ємом. Вони мають різні аеродинамічні характеристики, що забезпечує різну дальність польоту і покращує рівномірність розподілення, яка може бути перевірена дослідним шляхом.

Висновки. У роботі вирішена науково-прикладна задача підвищення ефективності механізованого внесення твердих мінеральних добрив шляхом поліпшення якості їх розподілення по поверхні ґрунту і підвищення продуктивності машин.

1.3 аналізу літературних джерел виявлено, що розкидачі відцентрового типу можуть забезпечувати більш щільне засівання по краях смуги захвату.

2. Розроблена математична модель руху гранул по поверхні робочого органу. Отримані формули дозволяють визначати абсолютну швидкість вильоту туків з диска і кут вильоту, які необхідні для визначення ширини захвату розсіювача.

3. Виведені достатньо прості для інженерного застосування формули, які основані на теоремі про зміну кінетичної енергії, що дають можливість обґрунтовувати конструкцію дискового розсіювача добрив, який гарантовано покращує розсіювання.

4. Розроблено робочий орган відцентрового типу для машин, що вносять мінеральні добрива, який забезпечить рівномірність внесення 90%.

Список літератури

1. Адамчук В.В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів: Автореф. дис. док. техн. наук: 05.05.11. – Національний аграрний університет, Київ, 2006. – 45 с.
2. Сметнев С.Д. «Состояние и перспектива механизации применения минеральных удобрений «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства» - 1971, №5. – 189 с.
3. Кравчук В.І. Сучасні тенденції розвитку конструкції с/г техніки [Текст] / М.І. Грицигінна, С.М. Коваля, - К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
4. Mitchell D. Uneven applikationleads to clacre gran losses / D. Mitchell // Power Farmg. – 1974. – № 5. – S. 8-9.

5. Thimon J. Uneven distributon can no longer be baken for granted / J. Thimon // Fertilirer Solution. – 1974. – № 18. – S. 6.
6. Wiemann K. Richtiy Verteiet wirkt Dunger besser / K. Wiemann // Ubersicht. – 1973. – G. 24. – № 10. – S. 765–769.
7. Адамчук В.В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений [Текст] : монография. – К.: Аграр.наука, 2010. – 178с.
8. Яблонський А.А. "Теоретическая механика", том 1 - Статика и кинематика, 1967. – 512 с.
9. Фихтенгольц. Курс дифференциального и интегрального исчесления / Фихтенгольц. Том 2 М.: «Наука», 1970. – 800 с.

Anatoly Kobets, PhD tech. sci., Doctor of Public Administration, Nikolai Naumenko, PhD tech. sci., Natalia Ponomarenko, PhD tech. sci.
Dnepropetrovsk state agrarian-economic university, Dnepropetrovsk, Ukraine

Substantiation of the design features of the working body of the spreader mineral fertilizers

The technological parameters of machines for mineral fertilizers centrifugal type.

Found out one of the possible causes of uneven sieving fertilizer spreaders centrifugal type. We derive a simplified formula for the engineering application, which allow to justify the construction of disc fertilizer spreader that is guaranteed to improve dispersion. Developed technical means, namely the spreading discs with a feeder, which are introduced into production.

The scientific bases of a substantiation of technological parameters of the machines.

By mathematical modeling derived relationships that describe the patterns in the process that is carried out fertilizing machines and accessories, namely:

- acceleration of the centrifugal fertilizer dissipating body, wherein the vanes are angled to the horizontal plane and its radius;

- movement of fertilizers to the surface of the scattering body field applied to the general case, which includes their flight in atmospheric conditions.

The laws of descent fertilizer spreading body and the nature of their distribution over the surface of the soil. With this in mind, the working body designed to make fertilizer and analytically grounded optimal values of its structural and kinematic parameters.

The main factors that have a key influence on the performance of the machines.

fertilizer, fertilizers, quality allocation, performance cars, the parameters spreaders

Одержано 22.09.15

УДК 631.331

Д.Ю. Артеменко, доц., канд. техн. наук, В.А. Настоящий, доц., канд. техн. наук, Г.Б. Філімоніхін, проф., д-р техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна

Розробка та експериментальне дослідження приладу для вимірювання щільності ґрунту по ширині захвату прикочуючого котка просапної сівалки

В статті розглянуто проблему вимірювання щільності ґрунту по ширині захвату прикочуючого котка просапної сівалки. Проаналізовані відомі методи і знаряддя для визначення щільності ґрунту, з'ясовані їх недоліки та запропоновано нову конструкцію приладу. Проведено експериментальне дослідження нового приладу та отримані результати його роботи, які показали високу ефективність його використання.

щільність ґрунту, прилад для вимірювання щільності ґрунту, прикочуючий коток сівалки

© Д.Ю. Артеменко, В.А. Настоящий, Г.Б. Філімоніхін, 2015