

3. Кормаков Л. Ф. Рынок подержанной техники в представлении потенциальных участников / Л. Ф. Кормаков, С. Г. Стопалов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2003. – № 2. – С. 45–49.

*У статті наведені основні принципи і мотивація створення і формування вторинного ринку уживаної техніки в агропромисловому комплексі.*

***Мотивація, оновлення, респонденти, модернізація, стара техніка, моніторинг, держпідтримка, ПОРТАЛ, інформація.***

*The paper presents the basic principles and motivation for the creation and formation of the secondary market for used equipment in agroindustrial complex.*

***Motivation, update, respondents, modernization, second-hand machinery, monitoring, state support, PORTAL, information.***

УДК 631.333

## **ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОЧОГО ОРГАНА РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ВІДЦЕНТРОВОГО ТИПУ**

***А. С. Кобець, доктор наук з державного управління  
М. М. Науменко, Н. О. Пономаренко, кандидати технічних наук  
Дніпропетровський державний аграрно-економічний  
університет***

*Розроблено наукові основи обґрунтування технологічних 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 обґрунтувати конструкцію дискового розкидача добрив, який гарантовано покращує розсівання. Створено технічні засоби, які впроваджені в серійне виробництво.*

***Внесення добрив, мінеральні добрива, якість розподілення, продуктивність машин, параметри розкидачів, режими роботи.***

**Постановка проблеми.** Нерівномірність розподілу поживних речовин по поверхні поля впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Розвиток машин для внесення добрив сприятливий,

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

у першу чергу, в напрямку підвищення ефективності застосування добрив шляхом поліпшення якості їх розподілу по поверхні ґрунту. 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. На сьогодні деякі параметри внесення є великі, так нерівномірність по ширині захвату у машин вітчизняного виробництва досягає 60-80%, що призводить до зниження ефективності добрив. Таким чином, обґрунтування конструкції та параметрів відцентрового робочого органу машини для внесення мінеральних добрив є актуальною задачею [3-5].

**Мета досліджень:** підвищення рівномірності внесення мінеральних добрив шляхом диференційної їх подачі на лопатки диска розкидача.

**Аналіз останніх досліджень.** По праву засновником теорії розкидачів відцентрового типу визнано П. М. Василенко. У подальшому теоретичні дослідження проводили В. В. Адамчук, Е. В. Козловський, М. Г. Догоновський, М. К. Штуков, Р. М. Гіліс, В. Ф. Ярошенко, С. І. Назаров. Серед останніх фундаментальних аналітичних досліджень привертають увагу роботи В. В. Адамчука, В. М. Булгакова, П. М. Заїки, С. Ф. Пилипаки.

Вагомий внесок у науку з розробки та впровадження розкидачів мінеральних добрив відцентрового типу зробили вчені С. І. Волосников, С. Ф. Бабарика, В. М. Дядя, Л. І. Летковський та ін.

**Результати досліджень.** Як показав аналіз процесу розсіювання добрив [1, 8-10], розкидачі відцентрового типу можуть забезпечувати більш щільне засівання по краях 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.

У відповідності до прийнятої конструкції диска схема розсіювання передбачає, що ширина 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 достатня для засівання ділянки захвату шириною  $2/3B$ , 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.

$$\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e, \quad (1)$$

де:  $\bar{V}_r$  – відносна швидкість, вздовж направляючого ребра;  $\bar{V}_e$  – переносна швидкість, яка для вилітаючої з диска туки визначається за відомої кутової швидкості диска  $\omega$  і довжини ребра  $l$  як:

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

Відносна швидкість може бути знайденою за теоремою про зміну кінетичної енергії у відносному русі з формули [6]:

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = A(F_e) + A(F_{\text{Тл}}) + A(F_{\text{Тр}}) + A(P), \quad (2)$$

де:  $A(F_e)$  – робота переносної сили інерції  $F_e$  на переміщенні вздовж ребра;  $A(F_{\text{Тл}})$  – робота сили тертя, яка виникає на поверхні лопаті в результаті дії сили  $F_e$  та ваги туки  $P$ ;  $A(F_{\text{Тр}})$  – робота сили тертя, яка виникає на поверхні вертикального ребра від сили інерції Коріоліса  $F_c$  та переносної сили  $F_e$ ;  $A(P)$  – робота сили ваги;  $V_0$  – початкова відносна швидкість.

Робота переносної сили інерції на переміщенні  $l$  визначається як:

$$A(F_e^{\text{іН}}) = \frac{1}{2} m \omega^2 (R_k^2 - a^2). \quad (3)$$

Сила тертя на поверхні лопаті  $F_{\text{Тл}}$  визначається через нормальну реакцію  $N_1$ , яка обумовлена вагою туки  $P$  і переносною силою інерції  $F_e^{\text{іН}}$ , тобто:

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

Тоді  $F_{\text{Тл}} = f \left( mg \cos \alpha + m \omega^2 r \cdot \frac{x}{r} \cos \alpha \sin \alpha \right) = fm(g \cos \alpha + \omega^2 x \cos \alpha \sin \alpha)$ , де:  $f$  – коефіцієнт тертя.

Робота сили тертя на поверхні лопаті  $A(F_{\text{Тл}})$  визначається як:

$$A(F_{\text{Тл}}) = -fmg \sqrt{R_k^2 - a^2} - fm \omega^2 \cdot \frac{1}{2} (R_k^2 - a^2) \sin \alpha / \cos \alpha. \quad (4)$$

Сила тертя на поверхні ребра визначається визначається як:

$$F_{\text{Тр}} = f(2m\omega V_r \cos \alpha - m\omega^2 a). \quad (5)$$

Робота цієї сили визначається як:

$$A(F_{\text{Тр}}) = - \int_0^l 2fm\omega V_r \cos \alpha dx + \int_0^l fm\omega^2 a dx. \quad (6)$$

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

$$A(F_{\text{Тр}}) = -fm\omega(\omega a \cos \alpha + V) \sqrt{R_k^2 - a^2} + fm\omega^2 a \sqrt{R_k^2 - a^2} / \cos \alpha. \quad (7)$$

Робота сили ваги  $P$  визначається як:

$$A(P) = -mgl_k \sin \alpha. \quad (8)$$

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

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

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

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

Звідки для відносної швидкості на вильоті з довгого ребра можна отримати:

$$V = -c_1 + \sqrt{c_1^2 + c_2}, \quad (10)$$

де:  $c_1 = f\omega \sqrt{R_k^2 - a_1^2}$

$$\begin{aligned} c_2 = & \omega^2 a_1 \cos^2 \alpha (a_1 \cos \alpha - 2f \sqrt{R_k^2 - a_1^2} + \omega^2 (R_k^2 - a_1^2)) (1 - f \sin \alpha / \cos \alpha) - \\ & - 2fg \sqrt{R_k^2 - a_1^2} + 2f\omega^2 a_1 \sqrt{R_k^2 - a_1^2} / \cos \alpha - 2gl_k \sin \alpha. \end{aligned}$$

Тоді визначення абсолютної швидкості наведено:

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

де:  $\alpha_0$  – 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 вильоту можна отримати:

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

Наведені формули дозволяють обґрунтувати деякі конструкційні характеристики розсіювача. Розрахунки проведено за такими вихідними даними: кутова швидкість диска  $\omega=57,6$  рад/с; радіус диска  $R=0,3$  м; кут нахилу лопаті  $\alpha=0,5236$  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. Для виконання поставленої задачі запропонована схема робочого органа – рис. 1.

Розкидач складається з диска 17, чотирьох лопатей (секторів 11–14), кожна з яких утворюється двома лопатками у яких бічні стінки утворюються вертикальними ребрами, а днища нахилені під кутами  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  до горизонтальної поверхні диска. Кожне ребро (1–3) перпендикулярне до спільної лінії перетину днищ лопаток і площини диска (на рис. 1 напрямок кожного ребра позначений кутами  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  відповідно). У центрі диска знаходиться живильник 4 конічної форми,

внутрішній простір якого розбито на окремі сектори радіальними вертикальними пластинами (6–10). Кожна пластина в нижній частині виходить за межі живильника на висоту ребра і нижнім краєм приєднується до горизонтальної центральної частини диска. Бічний край виступаючої з живильника (конічної форми) частини з'єднується з криволінійною ділянкою ребра 2, розміщеною на горизонтальній площині диска.

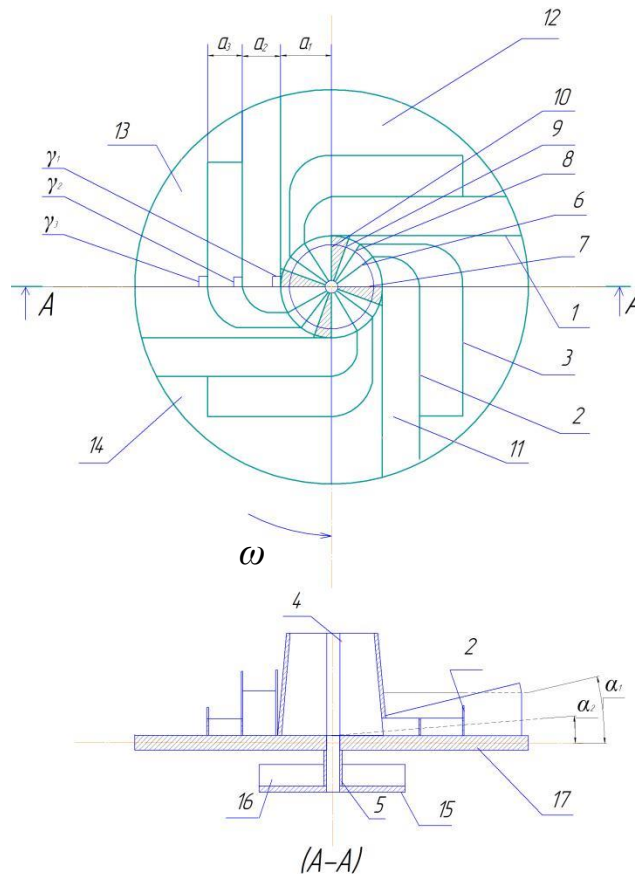


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема відцентрового робочого органу для внесення мінеральних добрив.

У такий самий спосіб ребро 3 з'єднується з виступаючим бічним краєм пластини 8, а ребро 1 – з 9. У кожній чверті відцентрового робочого органу, де знаходиться робоча лопать, живильник розбивається пластинами на чотири сектори. Три з них робочі, через два туки падають на верхній диск, причому на другий сектор припадає 53,6 % об'єму добрив від першого, а на останній – третій – найменший 11,24 % того ж самого об'єму. З цього сектора добрива потрапляють на диск 15, що розташований нижче на 60 мм від верхнього, що забезпечується втулкою 5, на якому розміщені перпендикулярно одне одному напрямні ребра 16. Один зі секторів живильника закритий зверху (рис. 1, заштрихований). Площі секторів призначаються пропорційними витраті матеріалу, що припадає на кожне

ребро. Матеріал, потрапляючи до секторів, сходить на горизонтальну поверхню диска, з якої, рухаючись між криволінійними ділянками ребер, потрапляє на нахилені лопатки. На рис. 2 наведено схему, що якісно характеризує розподілення гранул за одночасного розсівання трьома ребрами.

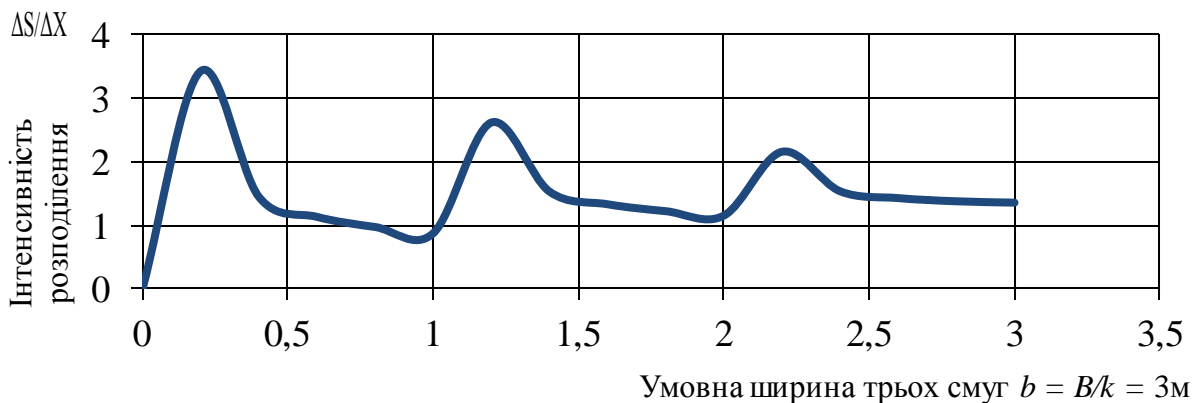


Рис. 2. Розподілення трьох потоків.

Як видно, 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. Запропонована конструкція розкидача, який може реалізувати більш рівномірне розсіювання за умови забезпечення окремого живлення кожного з трьох вилітаючих з диска потоків гранул.

2. Виведені достатньо прості для інженерного застосування формули, що дають можливість обґрунтувати конструкцію дискового розсіювача добрив, який гарантовано покращує розсіювання.

3. Отримані формули дозволяють визначати абсолютну швидкість вильоту туків з диска і кут вильоту, які необхідні для визначення ширини захвату розсіювача.

## Список літератури

1. Кобець А. С. Обґрунтування конструкції чотирилопатевого відцентрового розкидача мінеральних добрив / А. С. Кобець, М. М. Науменко, Н. О. Пономаренко // Вісник Дніпропетровського держагроуніверситету. – 2013. – С. 65–67.
2. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К.: Изд-во Украинской академии сельскохозяйственных наук, 1960. – 283 с.
3. Адамчук В. В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хімеліорантів: Автореф. дис. док. техн. наук: 05.05.11. – Національний аграрний університет, Київ, 2006. – 45 с.
4. Сметнев С. Д. Состояние и перспектива механизации применения минеральных удобрений / С. Д. Сметнев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1971. – №5. – 189 с.
5. Кравчук В. І. Сучасні тенденції розвитку конструкції с/г техніки / В. І. Кравчук, М. І. Грицишинна, С. М. Ковалю. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
6. Яблонський А. А. Теоретическая механика / А. А. Яблонський. – М., 1967. – Т. 1. Статика и кинематика. – 512 с.
7. Фихтенгольц Е. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Е. Фихтенгольц. – М.: Наука, 1970. – Т. 2. – 800 с.
8. Mitchell D. Uneven applikation leads to clacre gran losses / D. Mitchell // Power Farmg. – 1974. – № 5. – S. 8–9.
9. Thimon J. Uneven distributon can no longer be baken for granted / J. Thimon // Fertilirer Solution. – 1974. – № 18. – S. 6.
10. Wiemann K. Richtiy Verteiet wirkt Dunger besser / K. Wiemann // Ubersicht. – 1973. – G. 24. – № 10. – S. 765–769.

*Разработаны научные основы обоснования технологических параметров 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, который гарантированно улучшает рассеивание. Сделаны технические средства, которые внедрены в серийное производство.*

**Внесение удобрений, минеральные удобрения, качество распределения, производительность машин, параметры разбрасывателей, режимы работы.**

*The scientific bases of study of 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. Made technical means, which are introduced into production.*

***Fertilizer, fertilizers, quality allocation, performance cars, spreaders parameters, modes of operation.***

УДК 658.51:631.3

**ОБ'ЄКТИВНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ АДАПТИВНИХ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ РІЛЬНИЦТВА**

***О. В. Сидорчук, доктор технічних наук,  
член-кореспондент НААН***

***Національний науковий центр «Інститут механізації та елек-  
трифікації сільського господарства»***

***П. М. Луб, А. О. Шарibuра, кандидати технічних наук***

***Львівський національний аграрний університет***

***В. В. Грабовець, кандидат технічних наук***

***Луцький національний технічний університет***

*Означено предметні та агрометеорологічні причини розвитку адаптивних технологічних систем із обробітку ґрунту та сівби культур. Розкрито концепцію підвищення ефективності цих процесів на підставі адаптивного виконання польових робіт. Означено науково-методичні завдання для реалізації цієї концепції на практиці.*

***Ґрунт, культура, умови, мінливість, роботи, адаптування, комплекс машин, ефективність.***

**Постановка проблеми.** Розвиток ринкових відносин між суб'єктами агропромислового комплексу України об'єктивно формує потребу постійного пошуку можливостей збільшення прибутковості відповідних галузей народного господарства та, зокрема, галузі рослинництва. Прибутковість рільничих сільськогосподарських підприємств (СГП) значним чином залежить від стратегії їх технічної політики щодо використання тих чи інших технологій механізованого вирощування сільськогосподарських культур, парку тракторів та відповідного шлейфу спеціалізованих машин, вилучення із використання спрацьованої техніки та придбання нової тощо. Вирішення цих завдань тісно пов'язане із оціненням ефективності відповідних рішень щодо адаптивного виконання множин технологічних операцій, узгодження параметрів комплексів машин із характеристиками виробничої програми, а також тактики оновлення парку енергомашин, його

© О. В. Сидорчук, П. М. Луб, А. О. Шарibuра, В. В. Грабовець, 2015