

Кобець Анатолій Степанович, кандидат технічних наук, професор, ректор, Днепропетровский государственный аграрный университет (ДГАУ), Днепропетровск, Украина

About the authors

Dyrda Vitaly Illarionovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, vita.igtm@mail.ru

Zvyagilsky Yefim Leonidovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Ukraine

Bulat Yevgeniya Anatolievna, Candidate of Legal Sciences (Ph. D.), Associate Professor, Dnepropetrovsk State University of Internal Affairs, Dnepropetrovsk, Ukraine

Kobets Anatoly Stepanovich, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Professor, Prex, Dnepropetrovsk State Agrarian University, Dnepropetrovsk, Ukraine

УДК 631.333

А.С. Кобець, канд. техн. наук, професор,
М.М. Науменко, канд. техн. наук, доцент,
Н.О. Пономаренко, ст. викладач
(ДДАУ)

РОБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ РОЗКИДАННЯ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Наведено обґрунтування конструкції робочого органу для розкидання сипучого матеріалу.

Ключові слова: відцентровий робочий орган, рівномірність розподілу по площі, криволінійна форма осі лопатки

A.S. Kobets, Ph. D. (Tech.), Professor,
M.M. Naumenko, Ph. D. (Tech.), Associate Professor,
N.O. Ponomarenko, Senior Teacher
(DSAU)

WORKING ORGAN FOR THROWING ABOUT FRIABLE MATERIALS

Abstract. Substantiation of construction of working organ for throwing about the friable material is presented.

Keywords: centered working organ, uniformity of distribution over the area, the curved shape of the blade axis

Постановка проблеми. Мінеральні добрива є одним з основних джерел підвищення родючості ґрунту і в більшості випадків вносяться суцільним способом. Ця операція виконується за допомогою різноманітних машинно-тракторних агрегатів, робота яких оцінюється за рядом показників якості [1]. Серед показників якості розкидачів добрив найголовніші – це повнота і норма внесення та рівномірність розподілу по площі. Останній показник особливо актуальний, коли вноситься повна доза, тому, що нерівномірне внесення може призвести до нерівномірного росту рослин, до накопичення в рослинній продукції шкідливих речовин особливо нітратів [2]. Все це призводить до зниження ефективності добрив, до зменшення врожайності і до зниження якості продукції рослинництва.

Аналіз досліджень і публікацій. В Україні домінують напрямки землеробства з використанням хімічних препаратів. Пов'язано це з багатьма факторами, але визначальним є те, що за розрахунками, через нестачу певних хімічних елементів у ґрунті, через хвороби рослин, наявність бур'янів і шкідників втрачається більше третини можливого урожаю. Для забезпечення належного рівня поживних речовин у ґрунті необхідно вносити мінеральні добрива. Витрати агрохімікатів у перерахунок діючої речовини на один гектар у світі зростають. Тобто існує проблема не

тільки інтенсифікації процесів захисту рослин і внесення мінеральних добрив, але і пошуку нових механіко-технологічних шляхів економії ТМ та збереження навколишнього середовища [3].

Мінеральні добрива вносять за прямою або перевалочною технологіями в залежності від наявної техніки та відстані від поля до складу. Остання застосовується рідко, оскільки супроводжується великими втратами добрив при транспортуванні. Вносять їх в оптимальні агротехнічні терміни, виконуючи установлені дози та рівномірно розташовуючи їх по поверхні поля. Діаметр гранул добрив не повинен перевищувати 5 мм. Руйнування гранул до 1 мм – не більше 5 % [4-7]. Нерівномірність розташування при поверхневому внесенні добрив по всій площі поля не повинна перевищувати 25 % для кузовних машин та 15 % – для ґрунтових сівалок. Якість роботи машин залежить від точності регулювання відцентрового робочого органу та правильної установки ширини захвату агрегату. Нерівномірність внесення добрив відцентровими робочими органами машин часто перевищує паспортні значення в декілька разів та досягає 50-70 %, що нерідко призводить до недобору 1/4 врожаю сільськогосподарських культур. Досліди, які були проведені в господарствах [7] показали, що цей недолік можна виправити, якщо робочий захват агрегату не буде перевищувати оптимальних розмірів, які вказуються в технічній характеристиці розкидача.

Підвищення дальності розсіювання сипучого матеріалу можна досягти за рахунок зміни форми осі лопатки, яка приймається криволінійною, в формі дуги кола, випуклої в напрямку протилежному напрямку обертання і дотичної до радіуса диска в центрі.

Мета досліджень. Дослідити та покращити вплив конструкцій роторних робочих органів на якісні показники роботи розкидачів мінеральних добрив.

Матеріал досліджень. Одним із способів збільшення ширини захвату відцентрового розкидача і підвищення рівномірності розташування на ній мінеральних добрив є надання окремим порціям частинок початкових швидкостей вільного руху, які відрізняються величиною та напрямком [8].

Відцентрові розкидачі подають більшу кількість добрив на середню частину полоси розсіву і меншу – по краях, в зв'язку з чим для покращення рівномірності потрібно працювати з перекриттям суміжних проходів. Але цей спосіб одночасно зменшує робочу ширину захвату, що в деякій мірі понижує переваги відцентрового розкидача. Щоб покращити рівномірність, необхідно змінити характер розташування добрив по ширині захвату. Найбільш просто це здійснити шляхом зміни прямолінійної осі лопатки, на криволінійну, в формі дуги кола, випуклої в напрямку, протилежному напрямку обертання і дотичної до радіуса диска в центрі.

З цією метою в ДДАУ було досліджено конструкцію відцентрового розкидача мінеральних добрив.

Схема конструкції робочого органу (вид зверху та розріз А-А) наведена на рис. 1.

Робочий орган складається з диска 1, що обертається, із закріпленими на ньому лопатками 2, 3, 4, 5, криволінійні осі яких є дотичними до радіусу диска в його центрі. Диск 1 обертається на вертикальному валі 6.

Пристрій працює наступним чином.

Сипучий матеріал, що подається на диск 1, захоплюється лопатками 4 і під дією відцентрових сил переміщується вздовж лопаток 4 і сходить з поверхні диску 1 та розсівається по поверхні поля.

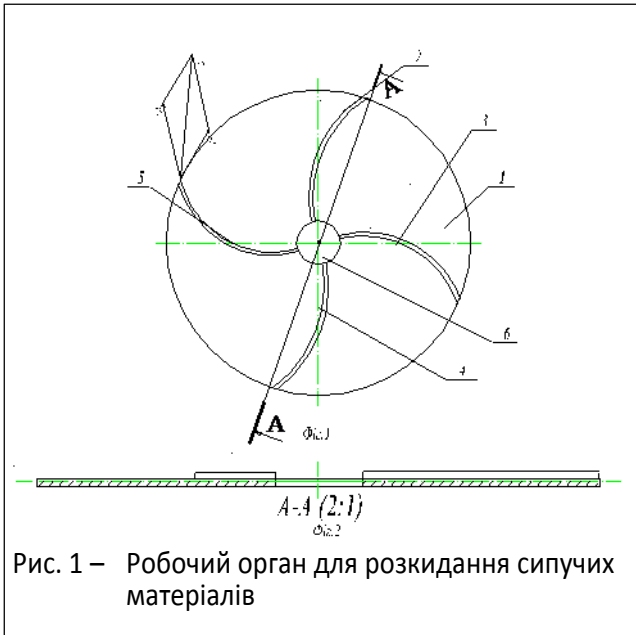


Рис. 1 – Робочий орган для розкидання сипучих матеріалів

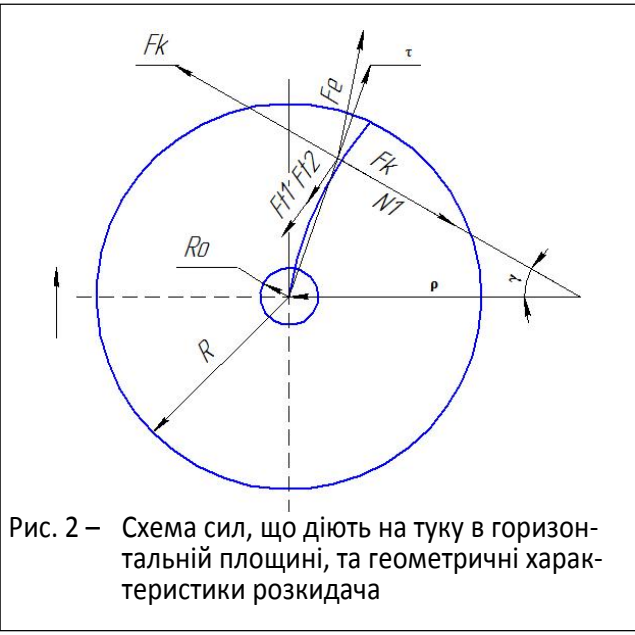


Рис. 2 – Схема сил, що діють на туку в горизонтальній площині, та геометричні характеристики розкидача

Швидкість вильоту добрив буде визначатися як [1]:

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

де \vec{V}_r, \vec{V}_e – відповідно відносна та переносна швидкість вильоту сипучої суміші, м/с.

Причому

$$V_e = \omega \cdot R, \tag{2}$$

де R – радіус диска;

r_0 – відстань від центра диска до внутрішнього торця лопатки.

При криволінійній формі осі лопатки, що пропонується, дальність польоту частинок сипучого матеріалу значно змінюється в бік зростання.

Відносну швидкість можна визначити з основного рівняння динаміки відносного руху окремої туки, яка для випадку, що розглядається має вигляд

$$m\overline{Wr} = \overline{P} + \overline{F_{T1}} + \overline{F_{T2}} + \overline{N_1} + \overline{N_2} + \overline{F_e} + \overline{F_K}, \tag{3}$$

де m – маса туки;

W_r – відносне прискорення;

$P = mg$ – вага туки;

N_1 – горизонтальна нормальна реакція лопатки;

F_{T1} – сила тертя, що виникає при ковзанні туки по лопатці;

N_2 – вертикальна нормальна реакція диска;

F_{T2} – сила тертя, що виникає при ковзанні туки по диску;

F_e – переносна сила інерції;

F_K – Коріолісова сила інерції.

Вектори сил, що діють на туку окрім вертикальних сил P і N_2 наведенні на рис. 2.

Проектуючи вектори рівняння (3) на дотичну до траєкторії можна отримати

$$mWr = -F_{T1} - F_{T2} + F_e \cos \frac{\gamma}{2}. \tag{4}$$

Сили тертя F_{T1} і F_{T2} визначаються як

$$F_{T1} = f_1 N_1 \text{ і } F_{T2} = f_2 N_2,$$

де f_1 і f_2 – коефіцієнт тертя ковзання.

Скалярне рівняння для визначення нормальної реакції N_1 має вигляд

$$N_1 = F_k - F_e \sin \frac{\gamma}{2}. \quad (5)$$

Коріолісова сила інерції визначається як

$$F_k = m2\omega V_r,$$

де ω – кутова швидкість диска;
 V_r – відносна швидкість туки.

Для переносної сили інерції можна отримати

$$F_e = m\omega^2 2\rho \sin \frac{\gamma}{2},$$

де ρ – радіус кривизни осі лопатки.

Враховуючи викладене, і маючи на увазі, що $N_2 = mg$, приводимо рівняння (4) до вигляду:

$$mW_r = -f_1 2m\omega V_r - f_1 m\omega^2 2\rho \sin \frac{\gamma}{2} - f_2 mg + m\omega^2 \rho 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\gamma}{2},$$

або

$$\frac{dV_r}{dt} = -2f_1 \omega V_r - 2f_1 \omega^2 \rho \sin \frac{\gamma}{2} - f_2 g + \omega^2 \rho \sin \gamma.$$

Виражаючи відносну швидкість V_r і поточне значення кута γ через дугову координату s можна прийти до остаточного вигляду рівняння

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = -2f_1 \omega \frac{ds}{dt} - 2f_1 \omega^2 \rho \sin \frac{s}{2\rho} - f_2 g + \omega^2 \rho \sin \frac{s}{\rho}. \quad (6)$$

Чисельний розв'язок диференціального рівняння (6) дає можливість встановлювати кінематичні характеристики відносно руху, що дозволяє визначити при якому радіус кривизни ρ абсолютна швидкість вильоту туки буде максимальною.

Як окремий випадок з рівняння (6) витікає диференціальне рівняння руху вздовж прямолінійної радіальної лопатки, яке для $\rho \rightarrow \infty$ має вигляд

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = -2f_1 \omega \frac{ds}{dt} - f_1 \omega^2 s - f_2 g + \omega^2 s. \quad (7)$$

При незначній силі тертя, для $f_1 = f_2 = 0$, диференціальне рівняння (7) дає розв'язок

$$V_r = \omega \sqrt{R^2 - R_0^2}, \quad (8)$$

де R_0 – радіус вала розкидача.

Тоді абсолютна швидкість вильоту складатиме

$$V = \omega \sqrt{2R^2 - 2RR_0 + R_0^2}.$$

Для випадку коли $R_0 \ll 0$, відносна швидкість може бути визначеною як

$$V = \omega R.$$

Теоретичне значення абсолютної швидкості вильоту матиме мінімальне значення

$$V_{\min} = \omega R \sqrt{2}.$$

Для лопатки з радіусом кривизни $\rho = R/2$ абсолютна швидкість за тих же умов складатиме

$$V_{\max} = 2\omega R.$$

З викладеного витікає очевидна перспективність застосування лопатки з криволінійною віссю обертання, так як швидкість вильоту гранул добрива може бути суттєво збільшена, при забезпеченні мінімального тертя гранул з робочими поверхнями диска.

Висновки. Установка плоского диску з криволінійною формою повздожньої осі лопатки дозволить збільшити ширину захвату розсіювання сипучих матеріалів та приведе до підвищення рівномірності їх розподілу по поверхні ґрунту за рахунок накладання секторів і без втрат продуктивності.

Ефективність запропонованого робочого органу підтверджується проведеними дослідженнями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – Т. 1.
2. Ковтун, Ю.В. Статистичні аспекти показників якості при механізованому внесенні добрив / Ю.В. Ковтун, Л.Г. Нетецький // Механізація та електрифікація сільського господарства: Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – Полтава: РВВ ПДАА, 2007. – Т. 6 (25). – С. 65-68.
3. Сівак, І.М. Обґрунтування параметрів регулювання розподільника мінеральних добрив в системі точного землеробства: Дис. ... канд. наук: 05.05.11. – 2008.
4. Лурье, А.Б. Расчет и конструирование сельско-хозяйственных машин / А.Б. Лурье, А.А. Громбчевский. – М.: Машиностроение, 1977. – 528 с.
5. Догановский, М.Г. Машины для внесения удобрений / М.Г. Догановский, Е.В. Козловский. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
6. Индустриальная технология применения минеральных удобрений / Сост. М.Н. Марченко. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 239 с.
7. Орманджи, К.С. Контроль качества полевых работ: Справочник / К.С. Орманджи. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 191 с.
8. Полонецкий, С.Д. Об улучшении качественных показателей центробежных разбрасывателей / С.Д. Полонецкий, Б.А. Кушилкин, В.Д. Переверзев // Записки Воронежского СХИ им. К.Д. Глинки. – 1968. – Т. 35.

Про авторів

Кобець Анатолій Степанович, кандидат технічних наук, професор, ректор, Дніпропетровський державний аграрний університет (ДДАУ), Дніпропетровськ, Україна

Науменко Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Дніпропетровський державний аграрний університет (ДДАУ), Дніпропетровськ, Україна

Пономаренко Наталія Олексіївна, старший викладач, Дніпропетровський державний аграрний університет (ДДАУ), Дніпропетровськ, Україна

About the authors

Kobets Anatoly Stepanovich, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Professor, Prex, Dnepropetrovsk State Agrarian University, Dnepropetrovsk, Ukraine

Naumenko Nikolay Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor, Dnepropetrovsk State Agrarian University, Dnepropetrovsk, Ukraine

Ponomarenko Nataliya Alekseevna, Senior Teacher, Dnepropetrovsk State Agrarian University, Dnepropetrovsk, Ukraine

Д.Л. Васильев, канд. техн. наук, научн. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЁТА ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

Аннотация. В основе метода расчёта положено дифференциальное уравнение предельного состояния с учётом внутреннего и контактного трения. В качестве закономерности распределения нормальных и касательных контактных напряжений использовано решение Л. Прандтля. Дано совершенствование метода расчёта предела прочности образца горных пород при одноосном сжатии с учётом постоянных интегрирования горизонтальных напряжений при $x = 0$. Достоверность расчётного предела прочности по сравнению с экспериментальными данными повысилась на 7-8 %.

Ключевые слова: контактные напряжения, сжатие образцов, предел прочности, горная порода

D.L. Vasilyev, Ph. D. (Tech.), Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

THE IMPROVED METHOD OF CALCULATION OF THE ULTIMATE STRENGTH OF ROCKS UNDER AXIAL COMPRESSION

Abstract. The calculation method is based on differential equation of limit state with taking into account internal and external contact friction. Prandtl solution is applied as the law of distribution of normal and tangential contact stresses. The improvement method of calculating the ultimate strength of rock samples under uniaxial compression at constant integration of horizontal stresses at $x = 0$ is given. The accuracy of the calculated ultimate strength compared with the experimental data increased by 7-8 %.

Keywords: contact stresses, samples compression, ultimate strength, rock

Одним из основных параметров, который входит в формулы расчёта напряжённо-деформированного состояния массивов горных пород и разрушения их исполнительными органами горных машин, является предел прочности. Этот предел определяется экспериментально на специальных прессах.

Но эти прессы требуют высококвалифицированного обслуживания и находятся в НИИ, вдали от горных предприятий, которым и как раз нужна оперативная информация о свойствах горных пород. Поэтому существует необходимость в разработке аналитического метода расчёта предела прочности при наличии показателей свойств горных пород (предела сопротивления сдвигу k_n , коэффициентов внутреннего μ и контактного f трения), определяемых более простыми способами, доступными для лабораторий предприятий.

Известно, что при раздавливании образцов горных пород образуется пять форм разрушения: усечённо-клиновья, клиновья, диагональная, продольная, взрывоподобная. При раздавливании пород средней крепости образуется усечённо-клиновья, наиболее простая из известных. Усечённо-клиновья форма разрушения образцов горных пород характеризуется отсутствием пересечения линий скольжения вертикальной линии симметрии (рис. 1).

Касательные напряжения, направления которых совпадают с положительными направлениями координатных осей считаем положительными при условии, что направление сжимающего нормального напряжения совпадает с положительным направлением координатной оси (или если растягивающее напряжение направлено по отрицательному направлению координатной оси).