

УДК 631.333.5

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ДОЗОВАНОГО ВИВАНТАЖЕННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ БУНКЕРІВ РОЗКИДАЧІВ КУЗОВНОГО ТИПУ

Гуцаленко О.В., к.т.н.

Вінницький національний аграрний університет

Тел. +38(097)751-41-95

Анотація – в статті здійснено аналіз способу дозованого витікання мінерального добрива, як сипкого матеріалу з бункерів розкидачів різноманітних конструкцій.

Ключові слова – бункер розкидача, пошаровий розподіл, сипкий матеріал, мінеральні добрива, ущільнені зони.

Постановка проблеми. Аналіз конструкцій машин для внесення мінеральних добрив та їх робочих органів з точки зору ефективності їх застосування в керованому землеробстві свідчить, що вони мають певні вади, а саме недосконалість стосовно виконання завдання з заданою нормою внесення і просторовою точністю.

Основні недоліки цих машин: висока нерівномірність розподілу мінеральних добрив по ширині захвату машини, нестабільність ширини захвату, довільний перерозподіл мінеральних добрив в межах ширини захвату та неможливість регулювання траєкторії польоту частинок мінеральних добрив після їх сходу з розсіювального диску. Також робочі органи розкидачів чутливі до зміни рельєфу поверхні поля та дії погодних факторів, зокрема вітру. Ці недоліки роблять недоцільним застосування технології змінних норм внесення мінеральних добрив на машинах з дисковими робочими органами.

Аналіз останніх досліджень. Відомі роботи, які присвячені дослідженню бункерів з вільним витіканням матеріалів під дією сили тяжіння. Цей напрямок в достатній мірі розвинуто завдяки роботам Алфєрова К.П., Карпенка О.М., Семенова А.Н., Володимирова А.А., Василенка П.М., Зенкова Р.Л., Степанова А.А., Новикова А.Н., Генієва Г.А., Берштейна М.С., Мерзлякова І.П., Ареф'єва А.І. та ін.

Мета дослідження: здійснити аналіз впливу якості вивантаження сипких матеріалів, якими є мінеральні добрива з бункерів розкидачів кузовного типу, на якість їх внесення.

Основні матеріали дослідження. Бункери розкидачів мінеральних добрив кузовного типу являють собою призматичні ємності. По-

шаровий розподіл мінеральних добрив здійснюється за рахунок руху транспортера. Вихід добрив здійснюється через горизонтальний (боковий) розвантажувальний отвір.

Основними вимогами стосовно роботи бункерів розкидачів мінеральних добрив є:

1. Безперервна подача мінеральних добрив до місця їх пошарового розподілу на транспортері.
2. Якість розподілу шарів мінеральних добрив:
 - дотримання заданої товщини шару;
 - рівна поверхня без розривів;
 - рівномірна щільність шару при розподіленні на поверхні транспортера.

Дані бункера мають ряд позитивних властивостей:

- простота конструкції та обслуговування;
- велика пропускна здатність;
- незначні експлуатаційні витрати.

Як показує досвід експлуатації розкидачів мінеральних добрив, існують порушення в технологічному процесі: низька якість розподілу шару мінеральних добрив, перебої в процесі подачі добрив в зону формування шару. Причиною низької якості розподілу шару мінеральних добрив є утворення усередині бункера нерухомих ущільнених зон, які знижують, а в деяких випадках припиняють подачу мінеральних добрив. Таке положення знижує якість внесення мінеральних добрив на полі.

За конструкцією бункера розкидачів бувають двох видів: симетричні і асиметричні.

Симетричні бункера поділяються на бункера з:

- прямокутними стінками;
- двома нахиленими поперечними стінками;
- двома нахиленими повздовжніми стінками;
- комбіновані.

Найбільш поширені бункера комбіновані, тобто з двома нахиленими поперечними і повздовжніми стінками.

Асиметричні бункера зустрічаються в зарубіжних конструкціях розкидачів мінеральних добрив.

Для дозування мінеральних добрив використовують планчасті транспортери, тарілчасті диски, шнеки, скребкові транспортери.

Розділення потоків мінеральних добрив на розкидаючі робочі органи здійснюється за допомогою дефлекторів, секційних тукоспрямовуючих воронок, планчастих транспортерів, шнеків, скоб.

В даний час вдосконалення бункерів розкидачів кузовного типу вирішується за трьома напрямками:

- безперервна подача мінеральних добрив до місця їх пошарового розподілу.
- підвищення рівномірності внесення добрив;

- зменшення навантаження на транспортер і зниження потужності на привод транспортера;
- безперервна подача мінеральних добрив до місця їх пошарового розподілу;

Бункера розкидачів мінеральних добрив відносяться до бункерів пошарового розподілу.

Процес роботи бункерів з вільним витіканням достатньо вивчено. Наука про склепінне утворення сипучих матеріалів не тільки дає уяву про природу утворення склепіння над розвантажувальним отвором але й дає достатньо перевірені аналітичні залежності.

Проте в бункерах з пошаровим розподілом витікання сипких матеріалів відрізняється від такого ж процесу в бункерах з вільним витіканням. Це пояснюється тим, що процес витікання матеріалів розпочинається під час руху транспортера. При цьому витікання матеріалів усередині бункера обмежується боковими стінками та полотном транспортера. Вихід матеріалу відбувається через боковий отвір. Ці особливості впливають на характер процесу роботи і параметри бункера.

Роботи, присвячені дослідженням бункерів пошарового розподілу, в літературі висвітлені не достатньо. Вагомий внесок в розвиток теорії роботи бункерів пошарового розподілу вніс Панченко А.М. [1].

Для бункерів з вільним витіканням сипучих матеріалів довжина розвантажувального отвору вздовж бункера повинна дорівнювати

$$L > L_{ск}, \quad (1)$$

де $L_{ск}$ – склепіннеутворюючий розмір розвантажувального отвору, м.

Чим більша довжина розвантажувального отвору L , тим стабільніше здійснюється процес витікання матеріалу з розвантажувального отвору.

В бункерах розкидачів мінеральних добрив довжина розвантажувального отвору вздовж бункера (кузова) значно перевищує мінімальний розмір (в 1500 – 2000 раз і більше). Проте в цих бункерах спостерігається формування нерухомих ущільнених зон мінеральних добрив в передній частині кузова. Це призводить до нестабільної подачі сипучого матеріалу в зону пошарового розподілу, знижує якість шару, що подається до розкидального робочого органу [2].

В роботах [1, 3, 4] були визначені і обґрунтовані основні критерії оцінки роботоздатності бункерів пошарового розподілу сипучих матеріалів, прийняття яких забезпечить стабільність подачі матеріалів до місця пошарового розподілу, ліквідацію нерухомих ущільнених зон матеріалу. Якість розподілу шару залежить від слідує показників: коефіцієнту руху K_η та витікання KB .

Коефіцієнт руху дорівнює

$$K_\eta = \frac{q_f}{q \cdot K_2} = 0,85 \dots 1,0, \quad (2)$$

де q_f – об’єм сипучого матеріалу, що рухається усередині бункера, м;
 q – геометричний об’єм бункера, м;
 K_2 – коефіцієнт наповненості ємності бункера.

Для розрахунку запропонована формула

$$K_\eta = \frac{\cos 0,75\varphi_2}{\cos 0,25\varphi_2 \cdot \sin 0,5\varphi_2} \cdot \frac{h \cdot B \cdot H}{q \cdot K_2}, \quad (3)$$

де φ_2 – кут внутрішнього тертя штучного матеріалу, град;
 B – довжина розвантажувального отвору по ширині бункера, м;
 h – товщина шару розкладання, м;
 H – ширина розвантажувального отвору, м.

Коефіцієнт витікання матеріалів повинен задовольняти умові

$$KB \geq 0,45, \quad (4)$$

де

$$KB = \frac{\pi \cdot d_{50}}{B \cdot H \cdot L \cdot (1 + 2 \sin \alpha)^2} \cdot \frac{\Delta}{\gamma} \{d_{50} \cdot (1 + 2 \sin \alpha) \cdot (L(K_3 - K_4 \cdot A_3) + 2B(K_1 - K_2 \cdot A_4)) + B \cdot L \cdot (K_3 - K_4 \cdot A_5) - \frac{C}{0,25\gamma \cdot K_\alpha} (2d_{50}(1 + 2 \sin \alpha) \cdot (L \cdot t_2 - B \cdot t_1) + 2B \cdot L \cdot t_2)\} \quad (5)$$

$$t_1 = 3 \cos^2 \alpha (1 + \sin \alpha) + 2 \sin \alpha + \cos \alpha (2 + 3 \cos^2 \alpha);$$

$$t_2 = \cos^2 \alpha (1 + \sin \alpha) + \sin \alpha + \cos \alpha (2 + 3 \cos^2 \alpha);$$

$$K_1 = 1 + 10^a + 10^{2a} + 10^{3a} + \dots + 10^{(n-1)a} + 10^{na};$$

$$K_2 = 1 + 10^a + 10^{2a} + 10^{3a} + \dots + 10^{(n-1)a} + 10^{(n-1)a} \cdot (1 + 3 \cos^2 \alpha + 3 \cos^4 \alpha);$$

$$K_3 = 1 + 10^m + 10^{2m} + 10^{3m} + \dots + 10^{(n-3)m} + 10^{nm};$$

$$K_n = 1 + 10^m + 10^{2m} + 10^{3m} + \dots + 10^{(n-3)m} + 10^{(n-2)m} \cdot (1 + 2 \cos^2 \alpha + 4 \cos^4 \alpha);$$

$$a = \lg(\cos^2 \alpha + \cos^4 \alpha);$$

$$m = \lg 2(\cos^2 \alpha + 2 \cos^4 \alpha);$$

$$n = \frac{\lg \left((3H \cdot \gamma \cdot K_2^{-1}) \cdot (\pi^3 \cdot d_{50}^5 \cdot \Delta^3 \cdot B \cdot L)^{-1} \right)}{a + 2m};$$

$$A_1 = 0,1; A_4 = 0,02; A_5 = 0,2;$$

d_{50} – середній розмір частинок матеріалу, м;

B, H, L – відповідно ширина, висота, довжина розвантажувального отвору вздовж бункера, м;

α – кут укладання частинок матеріалу, град;

Δ і γ – відповідно питома та об’ємна маси матеріалу, т/м³;

C – питоме зчеплення частинок матеріалу, кН/м²;

K_α – коефіцієнт розміру частинок, при $d_{50} < 10$ мм – $K_\alpha = 1,0$; при $d_{50} > 10$ мм – $K_\alpha = 0,1$.

Богомягких В.А. [5] приводить значення кутів укладання кулястих частинок при різних типах укладки (табл. 1).

Таблиця 1 – Типи щільних укладань кулястих частинок

Тип укладання	Координаційне число	Відстань між шаром куль	Пористість %	Кут укладання, град.
Просте кубічне	6	$2r$	47,14	0
Кубічно тетраїдальне	8	$2r$	39,54	0
Тетрагонально-сфероїдальне	10	$1,73r$	30,19	30
Тетраїдальне	12	$1,62r$	26,595	35
Пірамідальне	12	$0,742r$	25,95	45

Примітка: r – радіус кулі.

З допомогою теорії випадкових величин Богомягких В.А. визначив середнє статистичне значення кута укладання α для ідеальних куль ($\alpha = 29.8^\circ$).

Бузенков Г.М. [6] стверджує, що кут укладання частинок знаходиться в межах від 44.7° до 60° .

Для реальних суміші, за рекомендаціями Панченко А.М. [1] необхідно застосовувати формулу для розрахунку укладання:

– для ущільненого стану маси

$$\alpha = \arccos 0,5 \cdot \left(1 - \left| \sqrt[3]{S_1 - S_2} \right| + \sqrt[3]{S_1 + S_2} \right); \quad (6)$$

– для розпушеного стану маси

$$\alpha = 0,75 \arccos 0,5 \cdot \left(1 - \left| \sqrt[3]{S_1 - S_2} \right| + \sqrt[3]{S_1 + S_2} \right), \quad (7)$$

$$\text{де } s_1 = 0,5 - 0,172 \frac{\Delta}{\gamma} \left(1 + \frac{\omega}{100} \right); \quad s_2 = \sqrt{0,5 - 0,34 \frac{\Delta}{\gamma} \left(1 + \frac{\omega}{100} \right)};$$

ω – вологість матеріалу, %;

Δ і γ – відповідно питома вага та об'ємна маси матеріалу, т/м³.

Характер і закономірності процесу пошарового розподілу мінеральних добрив усередині бункера кузовного типу розкидачів і вплив їх на якість розподілу добрив у вітчизняній і зарубіжній літературі не висвітлено. Характер процесу залежить від відношення довжини розвантажувального отвору вздовж бункера до товщини розподіленого шару на транспортері, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.

Невивченість процесів, що відбуваються усередині бункерів кузовного типу розкидачів мінеральних добрив є перешкодою в створенні науково-обґрунтованої методики розрахунку раціональних конструктивних та технологічних параметрів бункерів розкидачів, які дозволять забезпечити стабільну подачу мінеральних добрив до вертикального розвантажувального отвору.

Висновки. Для забезпечення комплексної механізації внесення сипких матеріалів, таких як мінеральні добрива необхідно поряд із розробкою нових машин удосконалити існуючі, враховуючи дослідження науковців та практичні рекомендації експлуатаційників.

Література

1. *Панченко А.Н.* Повышение работоспособности бункеров послонного распределения сыпучих материалов сельскохозяйственных и мелиоративных машин / *А.Н. Панченко.* – Днепропетровск: Дніпро. 1995. – 52 с.
2. *Семенов А.Н.* Механизация внесения удобрений / *А.Н. Семенов.* – М.: Колос, 1972. – 223 с.
3. *Панченко А.Н.* Бункера дренораспределителей зоны орошения / *А.Н. Панченко.* – Ашхабад: Ылым, 1985. – 100 с.
4. *Панченко А.Н.* Критерии оценки работоспособности бункеров послонного распределения сельскохозяйственных сыпучих материалов // Научно-технический сборник. Конструирование, производство та эксплуатация сельскохозяйственных машин. Вип. 28 / *А.Н. Панченко.* – Кировоград: 1999. – с. 94-95
5. *Богомягких В.Л.* Теория и расчет бункеров для зернистых материалов / *В.Л. Богомягких.* – Ростов: РГУ, 1973. – 150 с.
6. *Бузенков Г.М.* Машины для посева сельскохозяйственных культур / *Г.М. Бузенков.* – М.: Машиностроение, 1976. – 269 с.
7. *Вильмер Х.* Сравнение пяти разбрасывателей минеральных удобрений / *Х. Вильмер.* – Пропозиция. 2001. – №2.

**АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОЗИРОВАННОЙ РАЗГРУЗКИ
СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ БУНКЕРОВ
РАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ КУЗОВНОГО ТИПА**

Гуцаленко О.В.

Аннотація

В статье дан анализ способам дозированного истечения минерального удобрения как сыпучего материала из бункеров разбрасывателей различных конструкций.

**ANALYSIS RESEARCH DOSING UNLOADING BULK MATERIAL
FROM HOPPERS SPREADER OF BODYWORK TYPE**

O. Gutsalenko

Summary

The article analyzes the methods of dosage expiration mineral fertilizer as bunkers material hopper spreaders of different designs.