

## ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ БУНКЕРА-ДОЗАТОРА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

**О. М. Вечера, інженер**  
**e-mail: o\_vechera@ukr.net**

**Анотація.** Багато сучасних господарств з різних причин змушені зменшувати інтенсивність виробництва та використовують низькоякісне насіння, плануючи нижчу якість врожаю але достатнього обсягу. Тому підготовку насіння для посіву (очистку, калібровку та протруювання) проводять часто самостійно для здешевлення цих процесів з використанням старої вдосконаленої та дешевшої вітчизняної техніки.

В сільськогосподарських машинах, таких, як протруювачі насіння та в інших, потрібне дозування зернистих матеріалів з рівномірним неперервним дозуванням насіння сільськогосподарських культур і робочої рідини, оскільки вони є необхідною передумовою рівномірної обробки насіння препаратом, а отже і досягнення високої ефективності протруювання. Ця операція часто поєднується із одночасним формуванням потоку насіння певної форми та щільності за допомогою проточних дозаторів об'ємного типу, обладнаних пасивними чи активними розподільниками насіння. Важливий показник роботи – продуктивність дозаторів з пасивними розподільниками насіння визначається площею живого перетину кільцевого отвору випускної горловини бункера та конструктивними параметрами розподільника насіння, а тому для підвищення ефективності роботи всієї машини потрібне обґрунтування його параметрів.

За допомогою запропонованого розрахунку максимальної швидкості висипання насіння, а отже й продуктивності конічного бункера з конусом всередині, який використовується в конструкціях протруювачів типу ПНУ-4, ПНУ-10, можна розрахувати оптимальні параметри бункера згідно продуктивності робочого органу – камери протруювання для отримання максимальної продуктивності при оптимальних параметрах процесу протруювання насіння.

**Ключові слова:** протруювач, бункер, потік, рівномірність, дозатор

**Постановка проблеми.** Багато сучасних господарств з різних причин змушені зменшувати інтенсивність виробництва та

використовують низькоякісне насіння, плануючи нижчу якість врожаю але достатнього обсягу. Тому підготовку насіння для посіву (очистку, калібровку та протруювання) проводять часто самостійно для здешевлення цих процесів з використанням старої вдосконаленої та дешевшої вітчизняної техніки. а тому підвищення ефективності їх роботи шляхом обґрунтування методів визначення параметрів для отримання максимальної продуктивності при оптимальних параметрах процесу протруювання насіння.

**Аналіз останніх досліджень.** В сільськогосподарських машинах, таких, як протруювачі насіння та в інших, потрібне дозування зернистих матеріалів з рівномірним неперервним дозуванням насіння сільськогосподарських культур і робочої рідини, оскільки вони є необхідною передумовою рівномірної обробки насіння препаратом, а отже і досягнення високої ефективності протруювання. Ця операція часто поєднується із одночасним формуванням потоку насіння певної форми та щільності за допомогою проточних дозаторів об'ємного типу, обладнаних пасивними („Мобітокс”, СТ-200) чи активними (ПК-20, ПС-10) розподільниками насіння. Продуктивність та рівномірність потоку насіння, що подається такими дозаторами на робочий орган, визначається умовами його витікання з бункера, пропускною здатністю дозуючого отвору, гальмівною дією використовуваних розподільників та ін. Важливий показник роботи - продуктивність дозаторів з пасивними розподільниками насіння визначається площею живого перетину кільцевого отвору випускної горловини бункера та конструктивними параметрами розподільника насіння. Продуктивність дозаторів з активними розподільниками залежить від частоти обертання розподільника та його конструкції (диск або конус), а дозаторів протруювачів інерційно-фрикційного типу [1], у яких робочий орган одночасно є активним розподільником насіння – ще й від параметрів бокової поверхні робочого органа. Згідно з результатами досліджень [2–5] вплив умов витікання насіння з бункера на рівномірність потоку визначається параметрами випускного отвору, місткості і висотою заповнення її насінням, а також його фізико-механічними властивостями.

Сам процес витікання насіння через отвори в місткостях дослідники розглядають по різному. Одні з них вважають, що висипання сипких матеріалів через отвори в місткостях відбувається внаслідок утворення рухомого стовпа матеріалу над отвором, після чого верхні шари його стікають до рухомого стовпа під кутом природного схилу. Інші прихильники теорії динамічного розвантажувального склепіння [2] вважають, що над отвором утворюється динамічне розвантажувальне склепіння, випадання з

якого насіння і визначає витрату через дозувальний отвір. За цією теорією швидкість висипання і витрата не залежать від висоти заповнення місткості, а залежать від висоти утвореного склепіння. Треті [3] вважають, що процес висипання відбувається у три фази. Перша з них починається з моменту відкриття отвору, коли починає рухатися майже весь сипкий матеріал в місткості, а його поверхня опускається паралельно самій собі до певного відношення висоти  $H$  заповнення місткості до діаметра  $D$ . Після цього настає друга фаза висипання з утворенням рухомого стовпа матеріалу і внаслідок цього - лійки в місткості, після чого подача матеріалу відбувається вже за рахунок стікання його під кутом природного схилу до центрального стовпа. При цьому зміна характеру процесу висипання пояснюється впливом розмірів, питомої ваги, коефіцієнта зовнішнього тертя частинок сипкого матеріалу і діаметра місткості.

Найбільш повно фізична сутність процесу висипання зерна через отвори в місткостях вивчалися В. М. Атомяном [3] та Г. М. Бузенковим і С. А. Ма [4], яким вдалося картину висипання насіння обґрунтувати напрямками і швидкостями руху насіння в кожній зоні [3] і взаємним розміщенням частинок сипкого матеріалу в місткості та силами тиску сипких матеріалів на дно і стінки місткості [4]. На основі цих досліджень вони виділяють три характерні зони в процесі висипання: першу (верхню), другу (середню), і третю (нижню) – периферійну, на дні місткості (так звану мертву зону), а причини зміни швидкості сипкого матеріалу залежно від висоти насипки  $H$  його в місткості пояснюють співвідношенням діючих на частинки сипкого матеріалу бокових  $P_x$  і осьових (вертикальних)  $P_y$  сил його ваги.

Причиною утворення склепіння з часточок є заклинювання їх силами внутрішнього тертя по лінії їх укладки. Чим менший коефіцієнт внутрішнього тертя і чим більший діаметр отвору, тим склепіння менш стійке і тому утворення його можливе лише у випадку висипання сипкого матеріалу через отвори малого діаметра. Висота отвору при постійному діаметрі не впливає на витрату сипкого матеріалу [3]. Аналогічний результат одержаний і в нас. На підставі одержаних даних В. М. Атомян [3] і Г. М. Бузенков з С. А. Ма [4] різними шляхами прийшли до такої закономірності: при  $H/D > 1$  швидкість висипання часточок залишається постійною аж до досягнення рівня  $H/D = 1$ . На цьому проміжку висипання усі часточки усіх шарів сипкого матеріалу мають однакову швидкість і усі шари опускаються паралельно самим собі без утворення лійки, оскільки на усі часточки в усіх шарах діють однакові сили  $P_x$  і  $P_y$ . Після досягнення висоти насипки  $H = D$  (висоти  $H_{\text{рспос}}$  стабілізації  $P_x$  і  $P_y$ ) характер висипання змінюється – часточки горизонтальних шарів під

дією різних осьових сил набувають різних швидкостей, внаслідок чого швидкість висипання сповільнюється. Спочатку висипаються часточки, розміщені над отвором, утворюючи лійку, а потім периферійні верхні часточки, що скочуються по лійці до її вершини в центральний рухомий стовп. Якщо в момент початку висипання висота насипки приблизно дорівнювала діаметру місткості ( $H/D \approx 1$ ), то висипання зразу ж супроводжується утворенням лійки.

**Мета досліджень.** Отримати узагальнене рівняння граничної швидкості руху насіння сільськогосподарських культур для отримання оптимальних параметрів бункера відповідно продуктивності робочого органу – камери протруювання для отримання максимальної продуктивності.

**Результати досліджень.** Результати досліджень процесу висипання сипких матеріалів із місткостей свідчать, що геометричні характеристики місткостей і дозувальних отворів та їх співвідношення, а також рівень заповнення місткостей суттєво впливають на рівномірність дозування сипких матеріалів проточними дозаторами об'ємного типу. Аналіз дозувальних пристроїв серійних протруювачів свідчить, що в їх конструкціях ці закономірності не враховуються. Дозатори, що поєднують дозування насіння з розподіленням та формуванням його потоку потрібної щільності внаслідок гальмівної дії розподільних пристроїв значно зменшують потенційну продуктивність протруювача. Зменшення гальмівної дії таких проточних дозаторів, та їх впливу на потенційну продуктивність дозатора (випускної горловини бункера) можливе, як показали результати досліджень [5], шляхом оптимізації параметрів самого розподільника та живого перетину дозувального отвору. У випадку використання активних розподільників (як правило, обертових дисків, конусів тощо) гальмівний опір висипанню насіння з випускної горловини бункера ці розподільники створюють внаслідок накопичення в зоні під випускною горловиною шару насіння, що не евакуується з цієї зони активними розподільниками. В цьому випадку причиною зменшення потенційної продуктивності дозатора є неузгодженість конструктивних параметрів дозатора та режимів роботи активного розподільника і випускної горловини [5]. З метою прискорення евакуації насіння із зони сходу його з розподільника в деяких протруювачах (наприклад ПНУ-4) пробували застосовувати додаткові конструктивні елементи – активатори.

В протруювачах інерційно-фрикційного типу, які поєднують дозування, розподілення і обробку насіння рідкими пестицидами одним робочим органом, продуктивність дозатора визначають ті ж фактори, що й в інших проточних дозаторів з активними розподільниками, та ще й параметри бокової конічної поверхні

робочого органу [1, 5]. Узгодження дії усіх цих факторів з обов'язковим врахуванням характеристик насіння, що дозується і обробляється, забезпечує надійну роботу протруювача в цілому, яка, очевидно, можлива у випадку, коли насіння з достатньою швидкістю буде рухатися ввєрх по твірній конічного робочого органу. Ця ж умова є і умовою не гальмування насінням, що знаходиться на робочому органі, насіння, яке надходить від дозатора.

Недоліком дозатора сипких матеріалів, який включає бункер для сипких матеріалів і набір шайб різного діаметра, що виконують функцію дозувальної горловини та дозатора порошкоподібних матеріалів, що включає бункер для порошкоподібних матеріалів з дозувальною горловиною, в якій встановлено заслінку для регулювання продуктивності дозатора, а також дозатора для гранульованих вибухових речовин, який включає бункер і дозувальну горловину з конічним розподільником є нерівномірне витікання матеріалів через горловину, а отже і нерівномірне дозування їх особливо при порційній подачі, як це відбувається в протруювачах насіння, особливо при спорожненні бункера.

Найближчим за технічною суттю до потрібного дозатора, є дозатор-розподільник проточного типу, що включає бункер для насіння з дозувальною горловиною, який широко використовується у різних конструктивних варіантах у вітчизняних та зарубіжних протруювачах: у поєднанні з дисковими розподільниками насіння КПС-10, АПЗ-10 ПС-10 (СРСР), ПК-20, ПКС-20 (Україна), ПКС-15 (Республіка Бєларусь), СТ 2-10, СТ 5-25 та ін. (Німєччина), з конічними розподільниками "Мобітокс" (Угорщина), "Agata" (Польща), ПНУ-4, ПНУ-10, (Україна) тощо. Дозатори цього типу прості, надійні і не потребують приводу. Проте загальним недоліком таких дозаторів є нерівномірна подача насіння, зумовлена залежністю швидкості висипання його від висоти заповнення ним бункера в межах від  $H_b=D$  до  $H_b=0$  [2, 3, 4]. Ця залежність змушує розробників і конструкторів сільськогосподарських машин збільшувати габаритні розміри відповідних машин і миритися з нерівномірністю дозування зернистих матеріалів під час спорожнення бункера чи коливання висоти його заповнення в процесі роботи машини.

В результаті досліджень був розроблений проточний дозатор [6], що забезпечує рівномірне неперервне дозування насіння сільськогосподарських культур незалежно від висоти заповнення ним бункера аж до повного спорожнення його. Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в дозаторі насіння, який включає бункер з дозувальною горловиною, яка виконана у вигляді з'єднаних між собою перехідною конічною поверхнею з двох відрізків труб різного діаметра і довжини, причому діаметр  $D$  з'єданого з

бункером більшого відрізка труби більший діаметра  $d$  меншого відрізка труби  $4$  і значно менший діаметра  $D_b$  бункера для насіння, а його довжина  $L$  не менша його ж діаметра  $D$  (тобто  $L \geq D$  і  $D_b > D > d$ ), при цьому довжина меншого відрізка труби довільна, оскільки не впливає на продуктивність дозатора [2, 5]. Завдяки використанню дозувальної горловини у вигляді з'єднаних між собою перехідною конічною поверхнею двох відрізків труб різного діаметра і довжини досягається рівномірне висипання насіння з бункера аж до повного його спорожнення незалежно від його розмірів та висоти заповнення насінням, що сприяє підвищенню, наприклад, рівномірності обробки насіння препаратами та зменшенню габаритів і металоємності протруювачів насіння. Проведені випробування експериментального зразка дозатора насіння показали високу ефективність його роботи, а новизна способу дозування та дозатора зернистих матеріалів отримали відповідне підтвердження [6, 7].

В подальшому для проектування та розрахунку продуктивності і більш глибокого розуміння процесу дозування була поставлена задача розахувати максимальну швидкість висипання, а отже й продуктивність конічного бункера з конічним розподільником (дозатором) всередині бункера, який використовується в модифікованих конструкціях протруювачів типу ПНУ-4, ПНУ-10 (рис. 1).

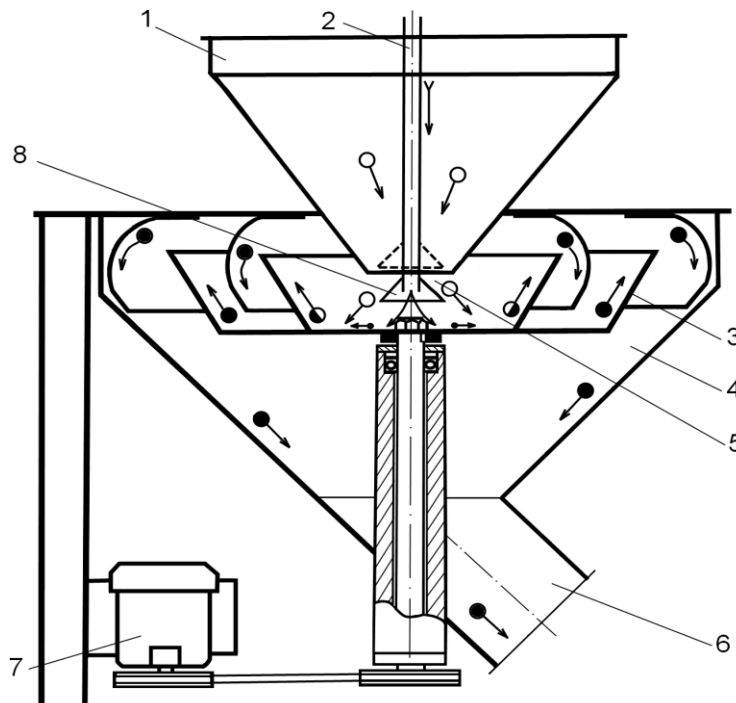


Рис. 1. Робочий процес протруювача інерційно-фрикційного типу ПНУ-10 (модифікований): 1 – бункер; 2 – трубка подачі робочої рідини; 3 – чашоподібний змішувач; 4 – камера протруювання; 5 – дозатор насіння; 6 – вивантажувальна горловина; 7 – електродвигун приводу; 8 – конічний розподільник (дозатор).

Для проведення розрахунків була прийнята схема (рис. 2) бункера з конічним розподільником (дозатором) насіння сільськогосподарських культур.

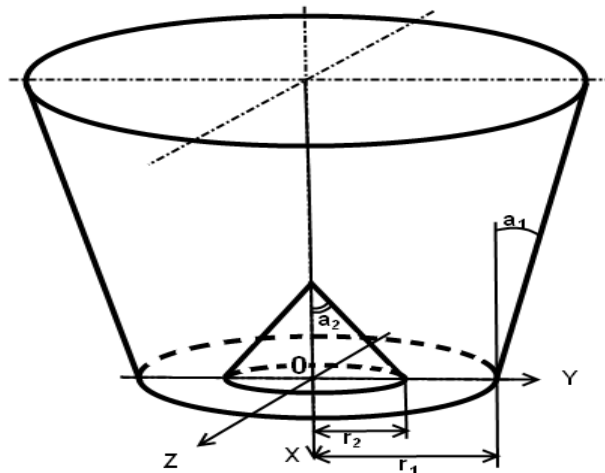


Рис. 2. Схема бункера з конічним розподільником (дозатором) насіння сільськогосподарських культур.

Конічний бункер має радіус отвору  $r_2$  та кут нахилу твірної до осі конусу  $a_1 = \arctg b_1$  (рис.2), всередині встановлений зустрічний конус з радіусом основи  $r_2$  ( $r_2 < r_1$ ) та кутом  $a_2 = \arctg b_2$ .

Площу поточного поперечного перерізу бункера з абсцисою  $x$  знаходимо як різницю площ двох кіл:

$$F = \pi[(r_1 - b_1x)^2 - (r_2 + b_2x)^2], \quad (1)$$

та її похідна:

$$F' = -2\pi[b_1(r_1 - b_1x) + b_2(r_2 + b_2x)]. \quad (2)$$

У дослідженні пропускної здатності різних перетинів бункера в даному випадку немає необхідності, так як очевидно, що найменшу пропускну здатність має кільцевий отвір з абсцисою  $x=0$ .

Поклавши  $x=0$  у формулах для  $F$  та  $F'$ , визначимо параметри отвору:

$$F_o = \pi(r_1^2 - r_2^2), \quad (3)$$

$$F_o' = -2\pi(b_1r_1 + b_2r_2). \quad (4)$$

Після чого по формулі закону витікання, згідно якому продуктивність та швидкість висипання з часом змінюється по закону гіперболічного тангенсу, прагнучи до граничних значень [8]:

$$v_{zp} = \sqrt{\frac{-gF_o}{F_o'}}, \quad (5)$$

далі вираховуємо граничну швидкість:

$$v_{zp} = \sqrt{\frac{g(r_1^2 - r_2^2)}{2(b_1r_1 + b_2r_2)}}. \quad (6)$$

Доволі високу точність таких розрахунків підтверджують дослідження [8]. Залежності швидкості нормального витікання в долях від швидкості в базовому отворі  $V_H/V_0$  та площі отвору в долях площі базового отвору  $F/F_0$ , наведені на рис. 3, де відображено наближення теоретичної кривої залежності -1 до результатів досліджень з насінням різних культур.

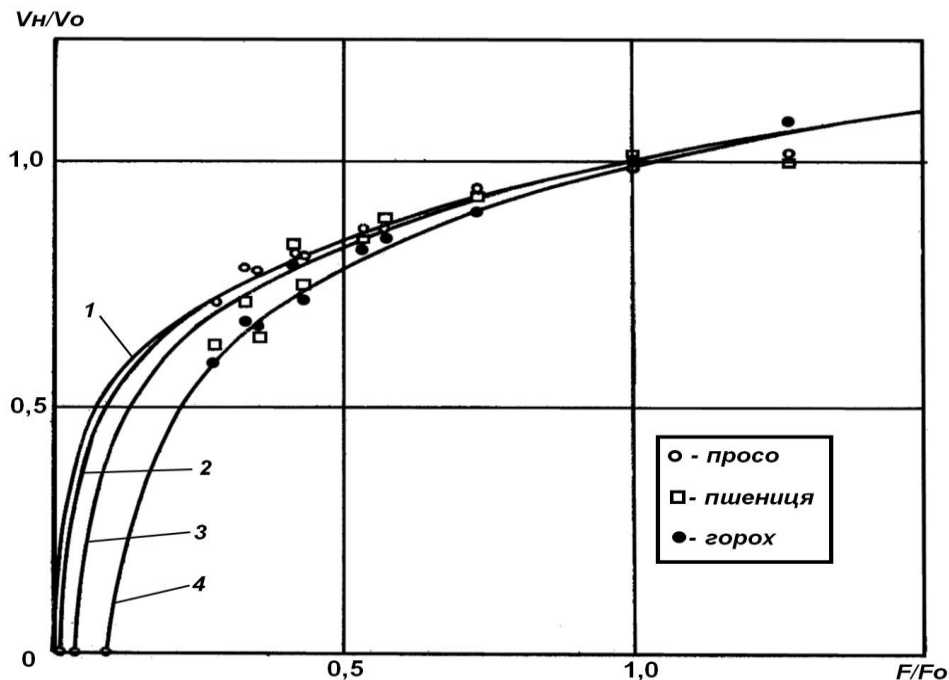


Рис. 3. Залежності швидкості нормального витікання від площі отвору  $V_H/V_0=f(F/F_0)$ : 1 – теоретична крива, 2 – просо, 3 – пшениця, 4 – горох.

**Висновок.** Таким чином за допомогою запропонованого розрахунку максимальної швидкості висипання, а отже й продуктивності конічного бункера з конусом всередині, який використовується в конструкціях протруювачів типу ПНУ-4, ПНУ-10, можна розрахувати оптимальні параметри бункера згідно продуктивності робочого органу – камери протруювання для отримання максимальної продуктивності при оптимальних параметрах процесу протруювання насіння.

### Список літератури

1. Тимошенко С. П., Вечера О. М., Тимошенко С. І. Спосіб обробки насіння рідкими препаратами. Патент 96498 А01С 1/08. 2006/01. 10/11/2011. Бюл. №21.
2. Семенов А. Н. Зерновые сеялки. Москва-Киев. Машгиз. 1959. 318 с.
3. Атомян В. М. Свободное истечение и высев семян зерновыми сеялками. Ереван. Из-во Главного управления с.х. науки МСХ Армянской ССР. 1960. 138 с.
4. Бузенков Г. М., Ма С. А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. Москва. Машиностроение. 1976. 271 с.



5. Тимошенко С. П., Михайленко М. А. Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их оптимальные параметры. Раздел 2 отчета по теме №4 НИР УНИИМЭСХ. Глеваха. 1978. 77 с.
6. Тимошенко С. П., Вечера О. М., Тимошенко В. I., Тимошенко С. I. Дозатор зернистых материалов. Патент 89875. A01C 1/08. G01F 11/12.2006/1. 12.05.2014. Бюл. №9.
7. Тимошенко С. П., Тимошенко С. I., Вечера О. М., Ятченко М. А., Войтюк Д. Г. Спосіб дозування зернистых матеріалів. Патент 104780. A01F 25/14. G01F 11/00. 2006/1. 11.03.2014. Бюл. №5.
8. Гячев Л. В. Основы теории бункеров. Новосибирск. Изд-во Новосиб. ун-та. 1992. 312 с.

### References

1. Timoshenko S. P., Timoshenko S. I. (2011). Method of seed treatment with liquid drugs. Patent 96498 A01C 1/08. 2006/01. 10/11/2011. Bull. No. 21.
2. Semenov A. N. (1959). Grain seeders. Moscow-Kiev. Mashgiz. 318.
3. Ataman V. M. (1960). Free after and the seeding seed drills. Yerevan. In the Main Department of agricultural science Ministry of agriculture of the Armenian SSR. 138.
4. Bushenkov G. M., Ma S. A. (1976). Machine for planting agricultural crops. Moscow. Engineering. 271.
5. Timoshenko S. P., Mikhaylenko M. A. (1978). Develop working bodies of the seeds treaters and justify their optimal settings. Section 2 of the report No. 4 research UNIMESH. Glevaha. 77.
6. Timoshenko S. P., Timoshenko V. I., Timoshenko S. I. (2014). Dispenser of granular materials. Patent 89875. A01C 1/08. G01F 11/12.2006/1. 12.05.2014. Bull. No. 9.
7. Timoshenko S. P., Timoshenko S. I., Yatchenko N. A., Voytyuk D. G. (2014). Method of dispensing granular materials. Patent 104780. A01F 25/14. G01F 11/00. 2006/1. 11.03.2014. Bull. No. 5.
8. Gachev L. V. (1992). Fundamentals of the theory of bins. Novosibirsk. Izd-vo Novosib. univ. 312.

## УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ БУНКЕРА-ДОЗАТОРА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**О. Н. Вечера**

**Аннотация.** Многие современные хозяйства по различным причинам вынуждены уменьшить интенсивность производства, и используют семена низкого качества, планируя снизить качество урожая, но достаточного объема. Таким образом, подготовка семян для посева (очистку, калибровку и протравливание) часто проводят самостоятельно для снижения стоимости этих процессов с использованием старой улучшенной и дешевой отечественной техники.

В сельскохозяйственных машинах, таких как протравливатели семян и других, необходимое дозирование зернистых материалов с равномерным непрерывным дозированием семян сельскохозяйственных культур и рабочей жидкости, так как они являются необходимой предпосылкой для

равномерной обработки семян препаратом и таким образом достижения высокой эффективности протравливания. Эта операция часто сочетается с одновременным формированием потока семян определенной формы и плотности с помощью проточных дозаторов объемного типа, оборудованных пассивными или активными распределителями семян. Важный показатель работы – производительность дозаторов с пассивными распределителями семян определяется площадью живого сечения кольцевого отверстия выпускной горловины бункера и конструктивных параметров распределителя семян, и поэтому для повышения эффективности работы всей машины требуется обоснования его параметров.

Используя предлагаемые расчет максимальной скорости высыпания семян и, следовательно, производительности конического бункера с конусом внутри, который используется в конструкции протравливателя типа ПНУ-4, ПНУ-10, можно рассчитать оптимальные параметры бункера соответственно производительности рабочего органа – камеры протравливания для получения максимальной производительности с оптимальными параметрами процесса протравливания семян.

**Ключевые слова:** протравливатель, бункер, поток, равномерность, дозатор

## **IMPROVING WORK BUNKER-FEEDER OF AGRICULTURAL SEED CROPS**

**O. M. Vechera**

**Abstract.** *Many of the modern economy, for various reasons, were forced to reduce the intensity of production and the use of low quality seeds, planning to reduce crop quality, but sufficient. Thus, the preparation of seeds for sowing (cleaning, calibration and treating) often hold themselves to reduce the cost of these processes using old improved and cheaper domestic technology.*

*In agricultural machinery such as treaters and other required dosing of granular materials with uniform continuous dosing of seeds of crops and working liquid, because they are a necessary precondition for the uniform treatment of seeds and thus achieve high efficiency of the treatment. This operation is often combined with simultaneous formation of seeds of some form of flow and density using the volumetric doser, type flowing of passive or active distributors. Important performance measure-performance dispensers with passive distributors of seeds is determined by the area of real hole annular exhaust neck bin and design parameters of seed distributor, and therefore to improve the efficiency of the whole machine is required to justify its parameters.*

*Using the proposed calculation of the maximum speed of the precipitation seeds and, consequently, the performance of conical hopper with taper inside, which is used in the construction of the treater PNU-4, PNU-10, you can calculate the optimum parameters of the bunker performance respectively working body – the camera of treatment handling for maximum performance with optimal parameters of the process of treatment seeds.*

**Key words:** *treater, bunker, stream, evenness, doser*

УДК 531.396, 534.014.4, 534.015.1

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ МЕХАНІЗМІВ ОБЕРТАННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ**

***В. С. Ловейкін, доктор технічних наук  
Ю. В. Човнюк, кандидат технічних наук  
І. О. Кадикало, аспірант\*  
e-mail: lovvs@ukr.net***

**Анотація.** *У роботі проведена оптимізація основних режимів руху механізмів обертання вантажопідйомних кранів. Використана класична еквівалентна схема механізму обертання: 1) при пуску й гальмуванні. Враховані дисипативні сили, обумовлені внутрішнім тертям у матеріалах пружних ланцюгів механізмів обертання. Використані методи класичного варіаційного числення задля отримання оптимальних (мінімальних) значень надлишкового моменту, діючого на поворотну частину системи, і встановлені закони руху (повороту), які дозволяють реалізувати при перехідних режимах (пуску/гальмування) саме такі, вказані вище, значення надлишкового моменту.*

*Подані спрощені залежності моменту, що діє на поворотну частину системи, у аналітичному вигляді, як функції часу. При цьому визначенні умови, за яких динамічний момент характеризується ефектом «биття». У аналітичній формі подані спрощені залежності динамічного моменту для різних співвідношень тривалості перехідного процесу (тобто тривалості пуску й гальмування, відповідно), а також у залежності від періоду затухання коливань системи, викликаних в'язким тертям. Вказані залежності представлені також у графічній формі.*

**\*Науковий керівник – доктор технічних наук В. С. Ловейкін**

© В. С. Ловейкін, Ю. В. Човнюк, І. О. Кадикало, 2017