

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

**Д.Г. Войтюк, кандидат технічних наук,
член-кореспондент НААН України
В.В. Теслюк, доктор сільськогосподарських наук
О.М. Вечера, здобувач**

Викладено результати досліджень процесу протруювання насіння сільськогосподарських культур та запропоновано методи усунення недоліків.

Протруювач, бункер, спосіб, потік, рівномірність, дозатор.

Постановка проблеми. Сучасні господарства зменшують інтенсивність виробництва з використанням високоякісного насіння, та сподіваються, що така стратегія означатиме нижчу якість врожаю, але забезпечить його достатній обсяг. Так, підготовку насіння для посіву (очистку, калібровку та протруювання) господарства в основному проводять самостійно для здешевлення цих процесів.

Аналіз останніх досліджень. Результати аналізу технологічних і технічних рішень машин для нанесення рідких пестицидів на насіння сільськогосподарських культур та теоретичних досліджень передумов реалізації цього процесу свідчать [1], що підвищення рівномірності обробки насіння досягнуто за рахунок змін в конструкціях сучасних протруювачах. В них збільшені зони взаємодії потоків насіння і краплин робочої рідини, шпаруватості потоку насіння з метою забезпечення кращого проникнення краплин розпиленої рідини в потік насіння, а також попереднього збільшення вільної поверхні компонентів. Оптимізуючи параметри потоків насіння і пестициду, дослідники поступово зміщувалися в бік все більшого розсіювання їх, або за термінологією вічкової моделі – в бік збільшення поверхні поділу фаз. Ця закономірність простежується на прикладі розвитку барабанних протруювачів (від протруювача періодичної дії "Ідеал" до протруювача неперервної дії ПЗ-10 "Колос"), шнекових (від ПУ-1 до ПСШ-5). Частково ці передумови реалізовані в протруювачах камерного типу. Проте підвищення рівномірності обробки насіння пестицидом, налипання краплин робочої рідини з домішками до насіння на стінки камери протруювання, а також травмування насіння досягнуто не було.

© Д.Г. Войтюк, В.В. Теслюк, О.М. Вечера, 2014

Крім того, деякі шляхи підвищення рівномірності обробки насіння пестицидом способом нанесення його в перехресних потоках насіння і краплин препарату, що реалізується сучасними камерними протруювачами, є неможливими за фізичною суттю процесу, бо за такої конструктивно-технологічної схеми камери протруювання не усувається явище затінення ближчими до розпилювача насінинами більш віддалених та не створюються умови для безпосереднього контактування з пестицидом кожної насінини усією своєю поверхнею.

Мета досліджень – виявлення причин недосконалості робочих процесів протруювачів насіння та обґрунтування методів їх усунення.

Результати досліджень. Робочі процеси сучасних протруювачів насіння неперервної дії включають неперервне і рівномірне дозування насіння і робочої рідини – пестициду, 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. Очевидно, що 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.

Так, 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 [6], 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 фізико-механічними властивостями останнього.

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.

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_{pcons} 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.

Отже, наведені вище 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 („Мобітокс”, ПС-10, ПК-20, ПНУ-10 та ін.) 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 евакуюється 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) застосовують 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 інших проточних дозаторів з активними

розподільниками, та ще й параметри бокової конічної поверхні робочого органу [5, 6]. 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 вгору по твірній конічного робочого органу. Ця ж умова є і умовою не гальмування насінням, що знаходиться на робочому органі, насіння, яке надходить від дозатора.

Умову руху зернівки вгору по твірній конічної поверхні робочого органу можна визначити з балансу сил, які діють на насіннину, що знаходиться на цій поверхні:

$$m\omega^2 r \sin\lambda > mg \cos\lambda + fm(g \sin\lambda + \omega^2 r \cos\lambda), \quad (1)$$

де m – маса насіннини; ω – кутова швидкість обертання робочого органу; r – радіус бокової конічної поверхні на висоті знаходження насіннини; λ – половина кута при вершині бокової конічної поверхні робочого органу; f – коефіцієнт тертя насіннини по поверхні робочого органу.

Звідки після нескладних перетворень одержимо:

$$\frac{\omega^2 r}{g} > \frac{1 + f \tan \lambda}{\tan \lambda - f}. \quad (2)$$

Ця умова (2) необхідна, але недостатня, щоб бути критерієм відсутності гальмування насінням, що рухається на конусі, насіння що надходить від дозатора, оскільки не враховує швидкості руху насіння на робочому органі, яка забезпечує неперервність процесу. Збільшення швидкості руху насіння вгору по твірній бокової конічної поверхні, а отже і по днищу робочого органу здійснюється за рахунок збільшення частоти обертання робочого органу, що збільшить і евакуацію насіння з-під дозатора. Вплив нерівномірності дозування компонентів, полідисперсності їх частинок, часткового вмісту компонентів у суміші і величини проби на дисперсію контрольного компонента в рандомальній суміші вивчали К. Штанге [8], З. Штербачек і П. Тауска [9], і Ф.П. Смаковського [7].

Згідно з результатами цих досліджень дисперсія потоку кожного компонента на виході із змішувача є функцією дисперсії його потоку на виході із дозатора:

$$\sigma_{q_i}^2 = k_i \sigma_{q_{i1}}^2, \quad (3)$$

де $\sigma_{q_i}^2$ – дисперсія потоку компонента суміші на виході змішувача; k_i – коефіцієнт відносної нерівномірності потоку; $\sigma_{q_{i1}}^2$ – дисперсія потоку цього ж компонента на виході із дозатора.

Для оцінки впливу нерівномірності дозування компонентів та інших факторів на якість бінарної суміші в її рандомальному стані З. Штербачек і П. Тауск [9] наводять рівняння:

$$\sigma_R^2 = \frac{x \cdot y}{\frac{q_i}{yq_x(1+v_x^2) + xq_y(1+v_y^2)}}, \quad (4)$$

де σ_R^2 – дисперсія вмісту контрольного компоненту в бінарній суміші в її рандомальному стані; x і y – вагові частки компонентів у суміші ($x=1-y$); q_x і q_y – ефективна середня вага частинок компонентів x і y ; v_x і v_y – коефіцієнт варіації ваги частинок відповідних компонентів суміші; q_i – вага проби.

Розрахунки за цими рівняннями показали [10], що у випадку співвідношення компонентів, характерного для протруювання насіння ($y=0,01$; $V_y = 10...210\%$; $x=0,99$; $V_x=30,6\%$) рівномірність обробки насіння суттєво залежить від вказаних параметрів процесу і тим менша, чим менша кількість препарату наноситься на насіння, чим більше середня вага його частинок q_y і ступінь їх полідисперсності V_y .

Отже, виходячи з наведених даних, можна вважати, що висновки Ф.П. Смаковського [7] про необхідність для одержання однородної суміші забезпечувати подачу компонентів у змішувач рівномірними потоками, а сам змішувач повинен створювати градієнт швидкості в потоці компонентів і цим розтягувати кожну порцію матеріалу, згладжуючи нерівномірність потоків компонентів, що надходять від дозатора, є слушним і для процесу нанесення краплин препаратів на насіння. Проте, як показав досвід використання камерних протруювачів, розпилювання робочих рідин пестицидів не забезпечує рівномірної обробки насіння в камері протруювання, оскільки не створює для кожної насінини однакових умов контактування з препаратом, а ще більше ускладнює досягання мети – рівномірної обробки насіння – додаванням полідисперсності краплин препарату до полідисперсності насіння. Це вимагає додаткового перемішування насіння шнеками, що в решті приводить до травмування його. Тому, враховуючи, що збільшення відносної частки V_y робочої рідини понад 0,01% з метою покращення рівномірності обробки нею насіння обмежується можливим надмірним зволоженням його, а збільшення дисперсності розпилу її призводить до збільшення в спектрі розпилу частки дрібних аерозолів і, як наслідок забруднення ними повітря робочої зони, цей шлях вдосконалення робочого процесу протруювача можна вважати неперспективним.

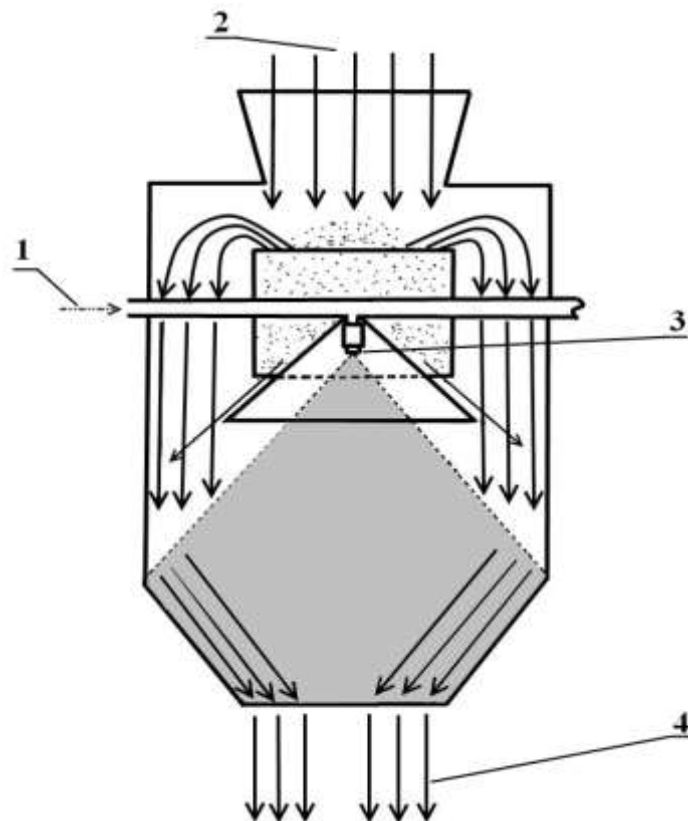


Рис. 1. Функціональна схема протруювача G40: 1 – подача рідкого пестициду; 2 – подача необробленого насіння; 3 – розпилювач рідкого пестициду; 4 – оброблене насіння.

Для реалізації повною мірою висновку про необхідність забезпечення змішувачем наявності в кожній пробі суміші на виході з нього часток компонентів, що подаються дозатором в різні моменти часу одного лише розтягування потоків недостатньо.

Для цього необхідно на певному проміжку забезпечити від'ємний градієнт швидкості руху частинок, що надійшли від дозатора раніше, і потрапляння в їхній потік на всьому шляху його руху в змішувачі, частинок компонентів, що надійшли у змішувач пізніше. Робочий процес нанесення рідких препаратів на насіння, що це враховує і вимоги до нього досить повно реалізовані в протруювачах фрикційного типу [6] і може бути використаним в протруювачах інших типів і модифікацій.

Незважаючи на вищевказане, компанія Graham (Канада) [11] пропонує на ринку, як нову розробку, камерний протруювач G40 з робочим органом, в якому насіння розподіляється самопливом (рис. 1) з усіма відомими недоліками. Відсутність бункера негативно впливає на рівномірність подачі насіння (шнеком), крім того, використання звичайного розпилювача пестициду, а в результаті велика нерівномірність обробки тільки частково компенсується використанням довгого вивантажувального шнека (рис. 2).



Рис. 2. Використання протруювача G40.

Висновок. Виявлені недосконалості робочих процесів протруювачів насіння і обґрунтовані шляхи їх усунення – оптимізація параметрів дозуючих систем та забезпечення технологічними заходами підтримання постійного рівня насіння в бункері протруювача.

Список літератури

1. Тимошенко С.П. Обґрунтування, розробка і дослідження універсального процесу нанесення захисних препаратів на насіння сільськогосподарських культур / С.П. Тимошенко, В.В. Ратушний, І.В. Стибель, Д.М. Мазур // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2002. – Вип. 86. – С. 114–121.
2. Семенов А.Н. Зерновые сеялки / А.Н. Семенов. – М.: Машгиз, 1959. – 318 с.
3. Атомян В.М. Свободное истечение и высев семян зерновыми сеялками / В.М. Атомян. – Ереван: Из-во Главного управления с.х. науки МСХ Армянской ССР, 1960. – 138 с.
4. Бузенков Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
5. Тимошенко С.П. Науковий звіт по темі «Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их параметры / Тимошенко С.П., Михайленко М.А. та ін. УНИИМЭСХ. – Глеваха, 1978. – 108 с.
6. Тимошенко С.П. Спосіб обробки насіння рідкими препаратами / Тимошенко С.П., Вечера О.М., Тимошенко С.І. // Патент № 96498 A01C 1/08, 2006/01, п.10/11/2011, бюл.№21.
7. Смаковський Ф.П. Исследование и обоснование процесса смещения сыпучих минеральных удобрений совместным пневмотранспортированием компонентов / Ф.П. Смаковський : дис. канд. техн. наук. – К., 1972. – 184 с.
8. Stange K. Genauigkeit der Probenahme bei Mischungen körniger Stoffe, Einfluss des Gewichts von Einzelproben / K. Stange // Chem.- Ingr.-Techn. – 1967. – 39. – S. 9–10.

9. Штербачек З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. – Л.: Госхимиздат, Ленинградское отделение, 1963. – 120 с.
10. Тимошенко С.П. Науковий звіт по темі «Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их параметры / Тимошенко С.П., Михайленко М.А. та ін. УНИИМЭСХ. – Глеваха, 1979. – 121 с.
11. G40 Seed Treater, Brochure, <http://www.seedtreating.com>.

Изложены результаты исследований процесса протравливания семян сельскохозяйственных культур и предложены методы устранения недостатков.

Протравливатель, бункер, способ, поток, равномерность, дозатор.

The results of researches of process of seed treatment of agricultural cultures are expounded and the methods of removal of defects are offered.

Treater, bunker, method, stream, evenness, metering device.

УДК 631.51.022

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АГРЕГАТИВ ДЛЯ СМУГОВОГО ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

***Г.А. Голуб, доктор технічних наук
А.В. Дворник, аспірант****

Проаналізовано та класифіковано агрегати для смугового обробітку за видами розміщення та впливом на ґрунт робочих органів.

Агрегат, смужка, обробіток ґрунту, робочий орган.

Постановка проблеми. Інтенсифікація мікробіологічних процесів та відновлення родючості ґрунту є важливим завданням для аграріїв. В Україні зростає попит на застосування технології смугового обробітку ґрунту (Strip Till), проте відсутність досвіду та достовірної інформації, ускладнює вибір агрегатів, для забезпечення виробничих потреб господарства. Велика різноманітність ґрунтово-кліматичних зон і різнопланова сільськогосподарська діяльність створює умови для пошуку шляхів зменшення собівартості

***Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб**

© Г.А. Голуб, А.В. Дворник, 2014