

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ РОТАЦІЙНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА

Комар Р.В.¹ к.т.н., Павельчук Ю.Ф.² к.т.н.,
Лотоцький Р.І.¹

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Подільський державний агротехнічний університет

Приведена конструкція ротаційного висівного апарата для однозернового посіву насіння, яка забезпечує надійність виконання технологічного процесу. Виведені аналітичні залежності для визначення кінематичних і силових параметрів процесу.

Ключові слова: однозерновий висів, зернина, сівалка, апарат для висіву.

Постановка проблеми. В структурі рослинництва України зернові, колоскові й технічні культури займають провідне місце та відіграють основну роль в забезпеченні населення продуктами харчування, а промисловості - сировиною.

Удосконалення існуючих способів сівби та технічних засобів точного висіву дозволить більш як у два рази зменшити норму висіву, а за рахунок створення оптимальних умов для проростання насіння й розвитку рослин - підвищити врожайність зернових культур на 10-15%.

У зв'язку з цим дослідження спрямоване на розробку технологічного процесу та обґрунтування параметрів апаратів точного висіву насіння (АТВН) сільськогосподарських культур на основі ресурсозберігаючих технологій, є актуальним і має важливе народногосподарське значення.

Реалізація роботи. Згідно конструктивного виконання пристрою (рис.1) процес висаджування здійснюється відповідним диском, частота обертання якого має вирішальний вплив на відцентрову силу, яка забезпечує протікання процесу відокремлення насінневого матеріалу із відповідної лунки диска. Ротаційний висівний пристрій складається з корпусу 1 з насінєвим бункером 2, а внутрішній циліндричний отвір 3 корпусу 1 є у взаємодії з вертикальним комірчастим диском 4 з можливістю відносного переміщення. По зовнішньому діаметрі вертикального комірчастого диска 3 рівномірно по колу виконані глухі радіальні ступінчаті отвори 5, менші діаметри яких виконані ближче до центра і є у взаємодії з циліндричними імпульсними роликками 6 з можливістю відносного радіального переміщення.

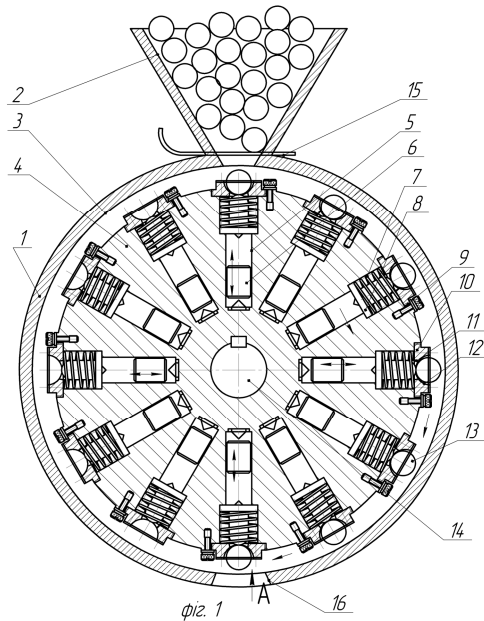


Рис.1. Загальний вигляд ротаційного висівного апарата

У глухих отворах більшого діаметра 7 вільно встановлені ступінчаті циліндричні виштовхувальні елементи 8, менші ступені яких є у взаємодії з пружинами стиснення 9, які є у взаємодіях з торцями виштовхувальних елементів. Останні підтискають виштовхувальні елементи 8 до центра комірчастого диска 4 притискними шайбами 10, які жорстко закріплені відомим способом до зовнішнього діаметра комірчастого диска. Притискні шайби 10 виконані з наскрізним центральним отвором 11, а з зовнішнього їх торця виконані комірки 12 форми висівних зерен 13 з якими вони є у періодичній взаємодії. Крім цього кінці виштовхувальних елементів 8 виконані сферичної форми і через центральний отвір 11 притискної шайби 12 є у взаємодії з зернинами 13.

Вертикальний комірчастий диск 4 жорстко закріплений на приводному валу 14 відомим способом. Під бункером 2 встановлено шибер 15. Внизу під корпусом виконано вікно 16 по якому висівні зернини поступають у насіннепровід, сошник і ґрунт де їх загортають (останні на кресленні не показані).

На кожен насінину у диску діє певна сила тяжіння mg . Під час обертотого руху висівного диска радіусом R з деякою швидкістю V виникає відцентрова сила $F_B = mV^2/R$, надмірне значення якої може спричинити пошкодження зерна внаслідок його ударного контакту з поверхнею висі-

внього отвору, або ж буде відбуватися зміна циклічності висівання.

Відповідно потрібно встановити залежність між частотою обертання висівного диска і масою зерна для забезпечення максимальної продуктивності висівання і зменшення пошкоджень висівного матеріалу.

Процес безперешкодного відділення зернового матеріалу (пересипу) залежить від так званої «полюсної» відстані [1]. Для розробленої конструкції висівного апарату це відстань h від центра крильчатки O до деякої точки P (рис.2). Методом графічної побудови встановлено, що коли точка полюсу не виходить за межі діаметра висівного диска і максимально наближена до його центра – то відцентрова сила є більшою за силу тяжіння і основним процесом в установці є пересип. Коли ж полюс знаходиться за межами діаметра крильчатки – відцентрова сила слабшає і зерно вільно висипається через висівний отвір. Тобто для забезпечення правильного функціонування установки необхідно проводити вибір відповідної «полюсної» точки шляхом зміни частоти обертання диска.

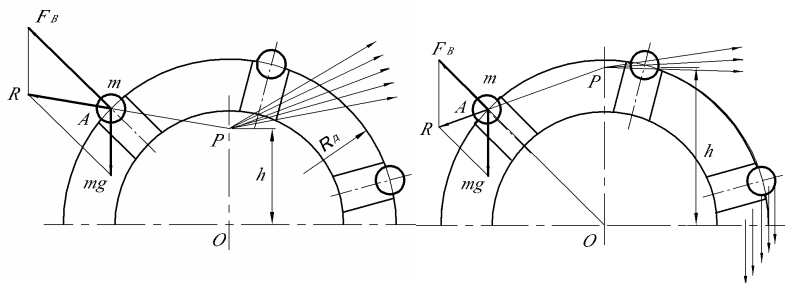


Рис.2. Розрахункова схема для визначення «полюсної» точки пересипу насінневого матеріалу

Відповідно під час обертового руху висівного диска на насінний матеріал починає діяти відцентрова сила. Рівнодійна R сили тяжіння та відцентрової сили F_B під час провертання висівних лунок диска змінюється по величині та напрямку. Проте якщо продовжити лінію дії рівнодійної до перетину із вертикаллю, яка проходить через центр диска, то при будь-якому положенні висівної лунки, вона буде перетинати вертикальну вісь в одній і тій же точці P . Дана точка і буде полюсною. Розглянемо трикутники APO і $AF_B R$, відповідно можемо записати наступне співвідношення

$$h/R_B = mg/F_B = mg/(mV^2/R_D), \quad (1)$$

звідки «полюсна» відстань рівна

$$h = gR_D^2/V^2, \quad (2)$$

Задавшись значенням $V = \pi n/30$ отримаємо

$$h = \frac{gR_d^2}{(\pi n/30)^2}, \quad (3)$$

Як видно із рівності (3) «полюсна» відстань, при постійному радіусі висівного диска, залежить тільки від частоти його обертання. Для теоретичного дослідження впливу частоти обертання диска на значення «полюсної» відстані було проведено розрахунок залежності (3). По отриманих результатах встановлено, що із збільшенням значення частоти обертання «полюсна» відстань зменшується і збільшується вектор відцентрової сили, тобто забезпечується процес пересипу матеріалу.

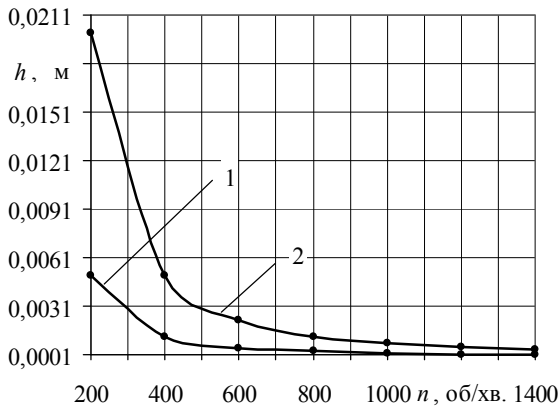


Рис.3. Залежність зміни «полюсної» відстані від частоти обертання висівного диска $h = f(n)$ при різних значеннях його радіуса:
1 – $R_d = 0,150$ м; 2 – $R_d = 0,300$ м

При зменшенні частоти обертання диска вплив сили тяжіння на матеріал збільшується і кількість матеріалу, що потрапляє у висівний отвір є стабільною. Методом графічної побудови встановлено, що коли точка полюсу не виходить за межі діаметра диска і максимально наближена до його центра – то відцентрова сила є більшою за силу тяжіння і порушується циклічність висіву. Коли ж полюс знаходиться за межами діаметра диска – відцентрова сила слабшає і зерно вільно потрапляє у висівний патрубок. Тобто для забезпечення правильного функціонування установки необхідно проводити вибір відповідної «полюсної» точки шляхом зміни частоти обертання висівного диска.

Для визначення сили інерції, яка задає траєкторію руху зерна після дії відцентрової сили, звернемось до розрахункової схеми наведеної на

рис.4. Диск рівномірно обертається з деякою кутовою швидкістю ω . Точка початкового розміщення зерна знаходиться на поверхні диска у висівній лунці (т. A).

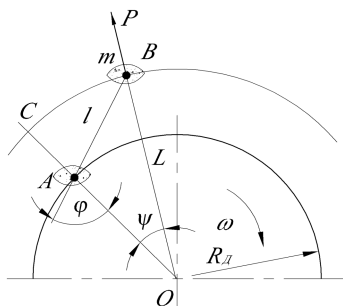


Рис.4. Розрахункова схема для визначення сили інерції, яка задає траєкторію руху зерна після дії відцентрової сили

Відстань між деяким положенням зерна та центром диска, згідно розрахункової схеми рівна

$$L = \frac{R_d + l \cos \varphi}{\cos \psi}, \quad (4)$$

Під час аналізу відносного руху зерна із початкової точки (т. A) у поточну (т. B) необхідно врахувати переносну і коріолісову сили інерції. Переносна сила інерції напрямлена вздовж прямої OB і рівна

$$P = m\omega^2 L = m\omega^2 \cdot \frac{R_d + l \cos \varphi}{\cos \psi}, \quad (5)$$

Коріолісову силу інерції вздовж прямої AB , визначати недоцільно, оскільки вона не створює моменту відносно початкової точки A . Диференціальне рівняння відносного переміщення зерна буде мати вигляд

$$-PR_d \sin \psi = ml^2 \ddot{\varphi}, \quad (6)$$

Підставивши вираз (5) у рівність (6) отримаємо

$$m\omega^2 R_d (R_d + l \cdot \cos \varphi) \cdot \operatorname{tg} \psi + ml^2 \ddot{\varphi} = 0, \quad (7)$$

Оскільки

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{x}{R_d + l \cdot \cos \varphi}, \quad (8)$$

де x – перпендикуляр від поточного розміщення зерна т. B до прямої OC площини висівної лунки.

Відповідно рівність (7) можна представити у наступному вигляді

$$\omega^2 R_D x + l^2 \ddot{\varphi} = 0, \quad (9)$$

Якщо ж коливання надто малі то можна прийняти $\varphi \approx x/l$, тобто рівність (9) прийме вигляд

$$\ddot{x} + \frac{\omega^2 R_D}{l} x = 0. \quad (18)$$

Відповідно по координаті x положення частки вантажу можна визначити його власну частоту

$$p = \omega \sqrt{R_D / l}. \quad (19)$$

Для теоретичного дослідження впливу основних конструктивних параметрів, які визначають переміщення висівного матеріалу на силу його інерції, було проведено розрахунок залежності (5). Отримані результати підтвердили попередні припущення стосовно того, що частота обертання висівного диска, у даному випадку виражена через його кутову швидкість, має вирішальний вплив якість висівання. Тобто при збільшенні частоти обертання спостерігається плавне підвищення сили інерції зерна, що й спричиняє порушення циклічності висівання.

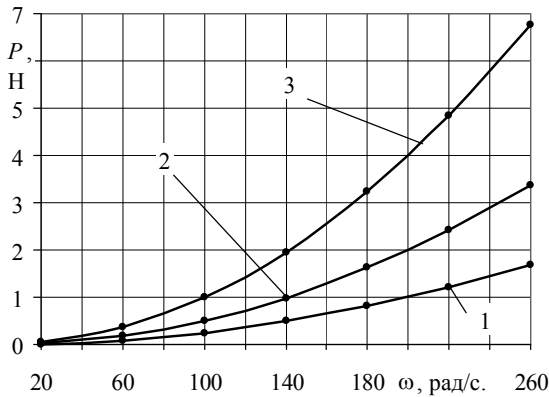


Рис.5. Залежність зміни сили інерції висівного матеріалу від значення кутової швидкості висівного диска $P = f(\omega)$ при різних значеннях маси зерна: 1 – $m = 0,5$ г; 2 – $m = 1$ г; 3 – $m = 2$ г

Графічні залежності, які представлені на рис. 3, 5 дають змогу комплексно оцінити інтенсивність впливу того чи іншого параметра (при заданих інших) на якість і продуктивність процесу висівання, а отримані

залежності можуть бути основою для розробки інженерної методики проектування аналогічних пристроїв.

Висновок: Приведена конструкція ротаційного висівного апарата для однозернового посіву насіння, яка забезпечує надійність виконання технологічного процесу. Виведені аналітичні залежності для визначення кінематичних і силових параметрів процесу.

Список використаних джерел

1. Барышев А.И., Будишевский В.А. и др. Расчет и проектирование транспортных средств непрерывного действия / Под ред. В.А.Будишевского. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 689 с.
2. Басін В.С. Машины для точного посева промышленных культур конструювание и разчет [Текст] / В.С. Басін., Л.В. Погорелий.- К: Техніка, 1987.-157 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РОТАЦИОННОЙ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ

Комар Р.В., Павельчук Ю.Ф., Лотоцкий Р.И.

Приведена конструкція ротаційного висеваючого апарата для однозернового посева насіння, яка забезпечує надійність виконання технологічного процесу. Виведені аналітичні залежності для визначення кінематичних і силових параметрів процесу.

INVESTIGATION OF ROTARY SOWING DEVICE WORK RELIABILITY

Komar R.V., Pavelchuk J.F., Lototsky R.I.

Design of rotary sowing device for single grain sowing seed which provides reliability of technological process was presented. Analytical dependences expressions for determination of kinematic and force parameters of the process were selected.