

УДК 631.331

©М.С. Шведик, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

**ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ПРИСМОКТУВАННЯ НАСІНИНИ ДО
КОМІРЧИНИ ВИСІВНОГО ЕЛЕМЕНТА З НАХИЛЕНОЮ
ВІССЮ ОБЕРТАННЯ В МОМЕНТ ЇЇ ПРОХОДЖЕННЯ ЧЕРЕЗ
НАЙВИЩУ ТОКУ ТРАЄКТОРІЇ**

У статті наведено схему пневматичного апарата з нахиленим під кутом висівним елементом і розміщеними на його нижній основі комірчинами та схему сил, що діють на насінину в суцільному зерновому шарі в момент її проходження через найвищу точку розміщену на коловій траєкторії. На основі аналізу цих сил складено умову їх рівноваги і отримано відповідну аналітичну залежність сили присмоктування насінини до комірчини висівного елемента з нахиленою віссю обертання, як від конструктивно-

технологічних параметрів (γ , a , R , ω , h) висівного елемента, так і фізико-механічних властивостей (m , r , l , f , ε , ρ) самого насіння. Отримана залежність дає можливість з достатньою точністю визначити значення сили присмокування насіння до комірчин висівного елемента з нахиленою віссю обертання в момент їх проходження через найвищу точку розміщену на колівій траєкторії, що сприятиме в подальшій його розробці.

ВИСІВНИЙ ЕЛЕМЕНТ, НАХИЛЕНА ВІСЬ, КОМІРЧИНА, НАСІНИНА, ЗЕРНОВИЙ ШАР, ТИСК, БІЧНИЙ ТИСК, СИЛА, ЛОБОВИЙ ОПІР, ТЕРТЯ, ТРАЄКТОРІЯ, ПРИСМОКТУВАННЯ

Постановка проблеми. В сучасних умовах економічного розвитку України для всіх сільськогосподарських підприємств головною задачею є підвищення врожайності зернових колосових культур. Одним з шляхів її ефективного вирішення є впровадження точного висіву насіння, який завдяки рівномірному розміщенню рослин по площі поля забезпечує їм найбільш оптимальні умови для росту і розвитку [1,2]. Для його реалізації запропоновано різні конструкції пневматичних апаратів з централізованим висівом [2,3,4,5,6], принцип роботи яких ґрунтується на поодиначному присмоктуванні насіння до комірчин висівного елемента в зоні забору і їх виносу в зону висіву. При цьому установка по середині сівалки одного або двох висівних апаратів забезпечує ширину висіву, яка перевищує їхню довжину в кілька разів.

Серед таких апаратів заслуговує уваги пневматичний апарат з нахиленою віссю обертання висівного елемента [7], що дає можливість здійснювати одночасний висів насіння в три групи сошників розміщених з лівої і правої сторони сівалки та по її центру. Таке конструктивне рішення забезпечує зручний і легкий доступ до насіннепроводів розміщених в зоні розвантаження комірок висівного елемента під час його обслуговування. Однак саме такий апарат виявився найменш дослідженим з усіх відомих типів, що стримує подальші його розробки і не сприяє впровадженню у виробництво. При цьому очевидним є те, що умови для переміщення насіння в зерновому шарі в різних точках колівій траєкторії, розміщеній в площині нахиленій під кутом γ до горизонту, будуть значно відрізнятися і їх необхідно визначити саме в цих точках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел приурочених питанням теорії пневматичних висівних апаратів [3,4,5,6,8] показує, що вони є достатньо вивчені. Встановлено, що основним параметром, який впливає на якість

однозернового відбору і виносу насіння в зону висіву, є сила присмокування. Однак всі теоретичні положення, що стосуються присмокування насінини до комірчини, ґрунтуються на переміщенні насінини по колу розміщеному у вертикальній або у горизонтальній площинах і не можуть бути в повній мірі застосовані до визначення сили присмокування насінини до комірчини, яка рухається по колу розміщеному в площині нахилений під кутом γ до горизонту.

Метою дослідження є отримання аналітичної залежності для визначення сили присмокування насінини до комірчини висівного елемента з нахиленою віссю обертання в момент проходження через найвищу точку траєкторії руху.

Результати дослідження. Для того щоб визначити значення сили присмокування насінини до комірчини в момент проходження через найвищу точку розміщену на колівій траєкторії в площині нахилений під кутом до горизонту, необхідно розглянути схему сил, що діють на насінину саме в цей момент і скласти умову рівноваги цих сил, з якої можна буде отримати відповідну аналітичну залежність.

На рис. 1 наведено схему висівного апарата з нахиленим під кутом висівним елементом 1 і розміщеними на його нижній основі комірчинами 2. Бункер 3 заповнений зерном, яке утворює суцільний зерновий шар 4. З наведеної схеми видно, що на насінину розміщену в комірчині зі сторони суцільного зернового шару в горизонтальному напрямку буде діяти сила викликана бічним тиском σ_B , а знизу вертикально вгору – сила викликана вторинним бічним тиском σ_{BB} , які позначимо відповідно символами T і Q . Ці сили сприяють входженню насінини в комірчину висівного елемента, а їх рівнодійна R притискує насінину до комірчини. За результатами наших досліджень [9] значення цих сил визначаються за формулами:

$$T = P_{БП} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_d \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot (1 + \sin \gamma), \quad (1)$$

$$Q = P_{ББП} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon^2 \cdot n \cdot K_d \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot (1 + \cos \gamma), \quad (2)$$

$$R = \sqrt{T+Q} = \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_d \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \sqrt{(1 + \sin \gamma)^2 + \varepsilon^2 \cdot (1 + \cos \gamma)^2}, \quad (3)$$

де $\pi=3,14$; r – половина ширина насінини;

l – довжина насінини;

ξ' – коефіцієнт бічного розпирання;

n' – коефіцієнт, що враховує вертикальні сили тертя насіння об стінки бункера (коефіцієнт зависання); для неглибокого бункера $n' = 1$;

K_0 – поправний коефіцієнт, що враховує динамічність навантаження;

ρ – насипна щільність насіння;

g – прискорення вільного падіння;

h – глибина розміщення точки прикладання тиску під шаром насіння.

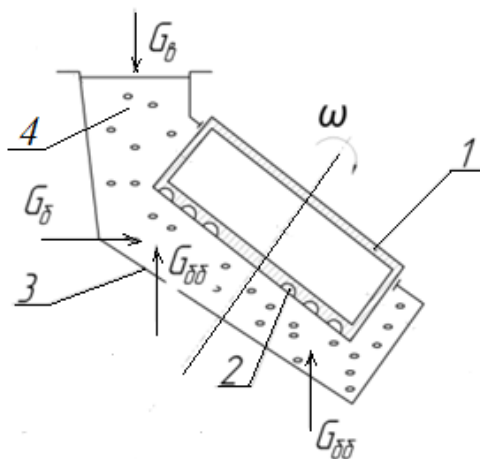


Рис.1 – Схема висівного апарата з нахилоною віссю обертання висівного елемента

Для того, щоб вияснити дію всіх сил на насінину розміщену в комірчині в момент проходження через найвищу точку колової траєкторії, вважаємо, що центр комірчини і насінини співпадають і лежать на прямій, яка проходить вздовж нижньої поверхні дика. Проведемо через спільний центр насінини і комірчини систему координат XYZ, рис.2, і покажемо напрям дії вищезазначених сил.

Під час обертання висівного елемента різко зростає навантаження на задню штовхаючу стінку комірчини під дією якого виникає рівна за величиною але протилежно направлена нормальна сила N . Ця сила для напівсферичної комірчини за даними [8] направлена під кутом α до перпендикуляра опущеного до хорди, що стягує кінцеві точки комірчини.

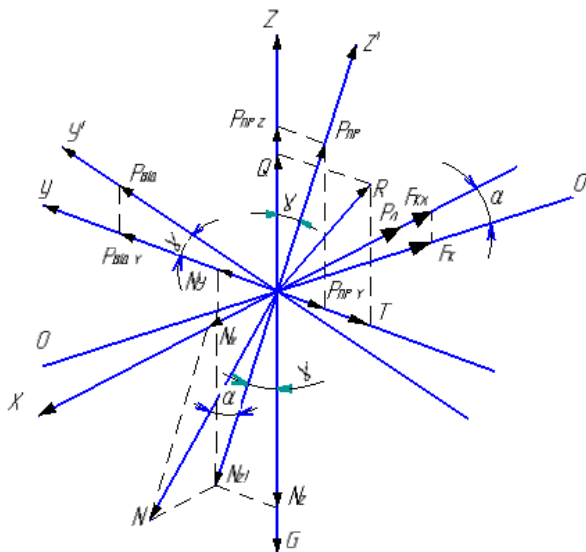


Рис.2 – Схема сил, що діють на насінину розміщену в комірчині висівного елемента з нахиленою віссю обертання під час проходження через найвищу точку траєкторії

Оскільки задній кінець насітини постійно притискується до стінки комірчини, в той час як передній може перебувати без навантаження, то в такому випадку виникає не стійке положення і передній кінець насітини відірветься від комірчини. Як наслідок під тиском інших насітин вона може повністю відірватись і виштовхнутись з комірчини. При цьому сила ваги G , яка діє вниз вздовж осі Z , також намагається її відірвати від комірчини. Це є однією з причин, що призводять до висіву насіння з пропуском. Щоб цього не сталося у пневматичних висівних апаратах насіння утримується в комірчинах за рахунок присмоктувальної сили. Цю силу можна визначити з умови рівноваги сил, що діють на насінину. Для цього розкладемо силу присмокування, яку позначимо символом P_{PP} , на дві складові – горизонтальну P_{PPy} і вертикальну P_{PPz} та визначимо їх значення. Напрямок дії присмоктувальної сили завжди співпадає з напрямком каналу комірчини, а оскільки він виконаний перпендикулярно до основи висівного елемента нахиленого під кутом γ , то на основі взаємоперпендикулярності сторін трикутників видно, що:

$$P_{PPz} = P_{PP} \cdot \cos \gamma . \quad (4)$$

$$P_{PPY} = P_{PP} \cdot \sin \gamma . \quad (5)$$

Аналогічним чином розкладемо нормальну силу N також на дві складові – горизонтальну N_X і вертикальну N_Z , і визначимо їх значення:

$$N_X = N \cdot \sin \alpha , \quad (6)$$

$$N_Y = N_Z \cdot \sin \gamma .$$

З схеми видно, що $N_Z = N_{Z'} \cdot \cos \gamma$, а $N_{Z'} = N \cdot \cos \alpha$, то

$$N_Z = N \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma \quad (7)$$

і останній вираз набуде вигляду:

$$N_Y = N \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma \cdot \cos \gamma . \quad (8)$$

Рівнодійна R сил T і Q під час переміщення насінини заднім кінцем по стінці комірчини викликає силу тертя F_K , яка діє по прямій $O-O$ відхиленій від осі X на кут α :

$$F_K = f \cdot R,$$

де f – кут тертя насінини об стінку комірчини.

З рис.2 видно, що проекцію F_{KY} сили F_K на вісь X можна визначити за формулою:

$$F_{KX} = F_K \cdot \cos \alpha , \quad (9)$$

яка з врахуванням виразу (3) набуде вигляду:

$$F_{KX} = \frac{1}{2} f \cdot \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_{д} \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \cos \alpha \times \\ \times \sqrt{(1 + \sin \gamma)^2 + \varepsilon^2 \cdot (1 + \cos \gamma)^2} . \quad (10)$$

Вздовж осі Y діє відцентрова сила $P_{ВД}$, яка намагається виштовхнути насінину з комірчини, але їй протидіє сила лобового опору, що визначається за формулою [9]:

$$P_{Л} = P_{Б} = \frac{1}{2} \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_{д} \cdot \rho \cdot g \cdot h . \quad (11)$$

Таким чином всі сили, що діють на насінину по осях координатної системи XYZ визначені. Отже, умову рівноваги сил можна записати наступним чином:

$$\begin{aligned} \sum P(x) &= 0; & N_X - P_{Л} - F_{KX} &= 0; \\ \sum P(y) &= 0; & -P_{ВДY} - N_Y + P_{PPY} + T &= 0; \\ \sum P(z) &= 0; & P_{PPZ} + Q - N_Z - G &= 0. \end{aligned}$$

З урахуванням останніх рівнянь та виразів (4), (5), (6), (7), (8) і того, що $P_{ВД\gamma} = P_{ВД} \cdot \cos \gamma$, умову рівноваги сил можна записати у вигляді системи трьох рівнянь:

$$\begin{cases} N \cdot \sin \alpha - P_L - F_{КХ} = 0; \\ -P_{ВД} \cdot \cos \gamma - N \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma \cdot \cos \gamma + P_{ПР} \cdot \sin \gamma + T = 0; \\ P_{ПР} \cdot \cos \gamma + Q - N \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma - G = 0. \end{cases}$$

Перше рівняння даної системи можна записати в такому вигляді:

$$N = \frac{P_L + F_{КХ}}{\sin \alpha} \quad (12)$$

і підставивши в третє рівняння системи замість N вираз (12) прийдемо до системи з двома рівняннями і одним невідомим:

$$\begin{cases} -P_{ВД} \cdot \cos \gamma - \frac{P_L + F_{КХ}}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma \cdot \cos \gamma + P_{ПР} \cdot \sin \gamma + T = 0; \\ P_{ПР} \cdot \cos \gamma + Q - \frac{P_L + F_{КХ}}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma - G = 0. \end{cases}$$

Прирівнюючи між собою дані рівняння і підставивши замість T , Q , $F_{КХ}$ і P_L вирази (1), (2), (10) і (11) та враховуючи те, що $G = mg$, а $P_{ВД} = m\omega^2 R$ після деяких спрощень отримаємо залежність сили присмокування насінини до комірчини від конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата з нахиленою віссю обертання для комірчки під час її проходження через найвищу точку траєкторії:

$$P_{ПР} = \frac{1}{\cos \gamma - \sin \gamma} \left\{ \begin{aligned} & mg - m\omega^2 R \cdot \cos \gamma + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r \cdot l \cdot \varepsilon \cdot n \cdot K_d \cdot \rho \cdot g \cdot h \times \\ & \times \{ (1 + \sin \gamma) - \varepsilon \cdot (1 + \cos \gamma) + \\ & + [\frac{r}{l} + f \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{(1 + \sin \gamma)^2 + \varepsilon^2 \cdot (1 + \cos \gamma)^2}] \times \\ & \times \cos \gamma \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot (1 - \sin \gamma) \end{aligned} \right\}. \quad (13)$$

Висновки. Аналіз отриманого виразу показує, що сила присмокування насінини до комірчини висівного елемента з нахиленою віссю обертання під час її проходження через найвищу точку траєкторії залежить від конструктивних (γ , α , R) і технологічних (ω , h) параметрів висівного елемента та фізико-механічних (m , r , l , f , ε , ρ) властивостей насіння. Тому під час розробки таких висівних апаратів силу присмокування насіння до комірчин необхідно визначати з урахуванням зазначених як

конструктивно-технологічних параметрів висівного елемента, так і фізико-механічних властивостей самого насіння.

Таким чином на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що отримана аналітична залежність (13) дає можливість з достатньою точністю визначити значення сили присмокування насіння до комірок висівного елемента з нахиленою віссю обертання в момент проходження через найвищу точку колової траєкторії.

Література

1. Гудзь В.П. Агробиологическое обоснование точного посева интенсивных сортов озимой пшеницы. - В кн.: Точный посев зерновых и пропашных культур. - М.: ВИСХОМ, 1984.-С. 11 - 15.

2. Погорілий Л.В. Шведик М.С. Обґрунтування агротехнічних вимог щодо точного висіву зерна колосових культур і технічних засобів для його здійснення. Журнал. Вісник с.-г. науки. Київ: – 1992. – №7. – с. 40-44.

3. Пневматические сеялки: конструирование и расчет. С.А. Мартиненко, Л.Г. Машишена, Л.В. Погорельый, Г.Я. Штыльфус, В.М. Шумейко. Под общ. ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1992. – 224с.

4. Бузенков Г.М., Ма С.А. машины для посева сельскохозяйств-венных культур. М., "Машиностроение", 1976, - 272с.

5. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты.- Кишинев,- Штинца.-1984. - 392 с.

6. Ивко Г.А. 1986. Рабочий процесс и обоснование параметров пневматического высевающего аппарата для однозернового высева семян пшеницы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Волгоградский сельхозинститут.- 20с.

7. А.с. №1256706 (СССР). Пневматический высевающий аппарат. Иваница С.К., Беляев Е.А., Гусев В.М., Кузнецов Б.Ф. и др. Б.И. №34., 1988.

8. Погорельый Л.В., Шведик Н.С. Обоснование параметров пневматического высевающего аппарата для точного посева зерновых культур. Журнал. Техника в сельском хозяйстве. – Москва, Колос: 1993 – № 5 – 6. – с. 16-18.

9. Шведик М.С. Визначення сил спричинених тиском зернового шару на насінину розміщену в комірчині висівного елемента. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. № 36 – Луцьк: ред. – вид. відділ Луцького НТУ, 2017. с. –162-168.