

Ю.В. Мачок, канд. техн. наук, В.М. Сало, проф., д-р. техн. наук, В.В. Аулін, проф., канд. фіз.-мат. наук, Т.Г. Сабірзянов, проф., д-р техн. наук, П.Г. Лузан, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Вплив зносу елементів конструкції сошників на їх тяговий опір

Стаття присвячена вивченню питання впливу стану леза полозу на тяговий опір полозкового сошника зернової сівалки. Розглянуто три можливих варіанти стану леза: стандартне загострене, незміцнене незагострене, незагострене зміцнене зносостійкими композиційними матеріалами. Отримано аналітичні залежності тягового опору полозкового сошника від зміни параметрів леза та їх графічна інтерпретація.
полозковий сошник, стабілізований профіль, лезо, самозагострювання, тяговий опір

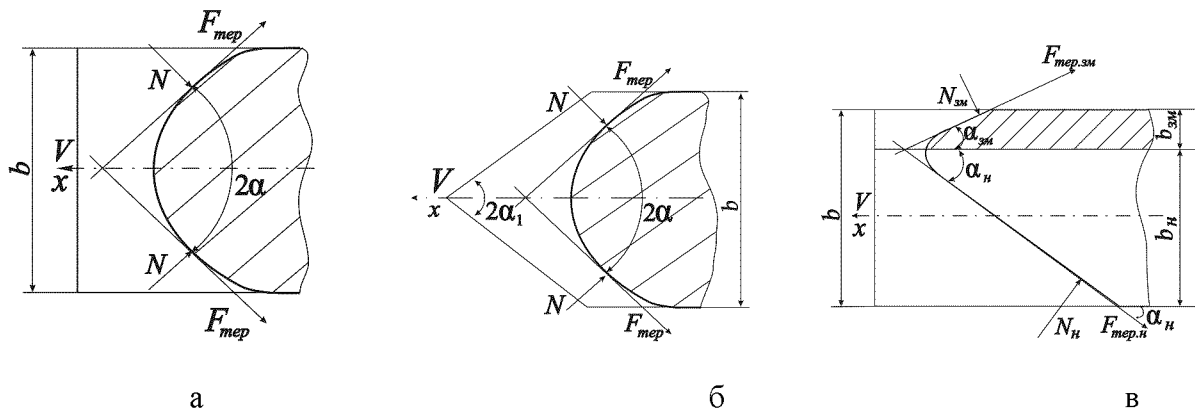
Кількість та якість сходів зернових культур істотно залежить від того, де після сівби розміщується посівний матеріал - в поверхневих шарах ґрунту, на заданій глибині чи глибше. Залежно від цього деяка частина посівного матеріалу втрачається, частина сходів вимерзає чи висушується, а частина не дає сходів, що не може не вплинути на кількість та якість урожаю. Тому, гостро постає питання про створення таких конструкцій сошників, які могли б рівномірно загорнути насіння на задану глибину та зберігати функціональні властивості протягом всього терміну експлуатації. В деякій мірі висунутим вимогам відповідає полозковий сошник, розроблений колективом кафедри сільськогосподарського машинобудування КНТУ під керівництвом професора П.В. Сисоліна [3].

Відомо, що безпосередній вплив на якість загортання насіння має гострота леза полозу. Практика показує, що попереднє загострення леза при виготовленні полозу дає позитивний ефект лише на початку експлуатації. Неминуче його затуплення при взаємодії з ґрунтовим середовищем в процесі експлуатації викликає поступове некероване зменшення глибини руху сошника. Момент стабілізації затупленого профілю настає при напрацюванні 20-25 га. Тому, виникає необхідність в додатковому загостренні леза. Очевидно, що загострення, яке супроводжується штучним видаленням шару металу призводить до зменшення довговічності полозу, через що виконання даної операції можна вважати недоцільною.

З іншого боку, затуплення леза ґрунторізального елемента супроводжується збільшенням тягового опору сошника. Максимального значення він набуде при стабілізації профілю леза. У випадку використання попередньо незагостреного леза полозу буде спостерігатися зворотній ефект. Тяговий опір сошника буде знижуватись від максимального до мінімального значення при стабілізації профілю леза. У зв'язку з цим, актуальною є необхідність його зміцнення зносостійкими композиційними матеріалами з реалізацією ефекту самозагострювання [2].

Розглянемо три можливих варіанти стану леза полозу: стандартне загострене лезо, незміцнене і незагострене лезо, незагострене зміцнене лезо (рис. 1).

Згідно цієї теорії в процесі руху сошника в середовищі ґрунту на нього діють нормальний тиск ґрунту N , сила тертя $F_{тер}$ (рис. 1).



а - лезо незміцнене і незагострене; б - лезо стандартне загострене; в - лезо зміцнене і незагострене

Рисунок 1 – Схеми сил та профілів леза для визначення тягового опору полозкового сошника

Використовуючи рис. 1 і враховуючи те, що сила тертя дорівнює $F_{тер} = Ntg\varphi$, відповідні сили тягового опору полозкового сошника дорівнюють:

- незміцнене і незагострене лезо (рис. 1 а):

$$\begin{aligned} R_x &= 2N(1 - \sin \alpha) + 2Ntg\varphi_n(1 - \cos \alpha) = \\ &= 2N[(1 - \sin \alpha) + tg\varphi_n(1 - \cos \alpha)]; \end{aligned} \quad (1)$$

- незміцнене і загострене лезо (рис. 1 б):

$$\begin{aligned} R_x &= 2N(\sin \alpha - \sin \alpha_1) + 2Ntg\varphi_n(\cos \alpha - \cos \alpha_1) = \\ &= 2N[(\sin \alpha - \sin \alpha_1) + tg\varphi_n(\cos \alpha - \cos \alpha_1)]; \end{aligned} \quad (2)$$

- зміцнене і незагострене лезо (рис. 1 в):

$$\begin{aligned} R_x &= N_{зм} [(1 - \sin \alpha_{зм}) + tg\varphi_{зм}(1 - \cos \alpha_{зм})] + \\ &+ N_n [(1 - \sin \alpha_n) + tg\varphi_n(1 - \cos \alpha_n)], \end{aligned} \quad (3)$$

де $\alpha_{зм}$, α_n - кути загострення зміцненої і несучої частин полозу сошника;

α_1 - кут попереднього загострення леза;

$\varphi_{зм}$, φ_n - кут тертя ґрунту по зміцненій і не зміцненій поверхні.

У формулах (1) – (2) сили нормального тиску ґрунту на робочі поверхні полозкового сошника мають дві складові:

$$N = N_{ст} + N_{дин}, \quad (4)$$

де $N_{ст}$ – статична складова, яка являє собою опір стиску ґрунту в горизонтальному напрямку;

$N_{дин}$ – динамічна складова – сила інерції при переміщенні полозкового сошника в ґрунті.

Наведемо основні конструктивні характеристики полозкового сошника та зазначені сили, що діють в локальних областях його леза (рис. 2).

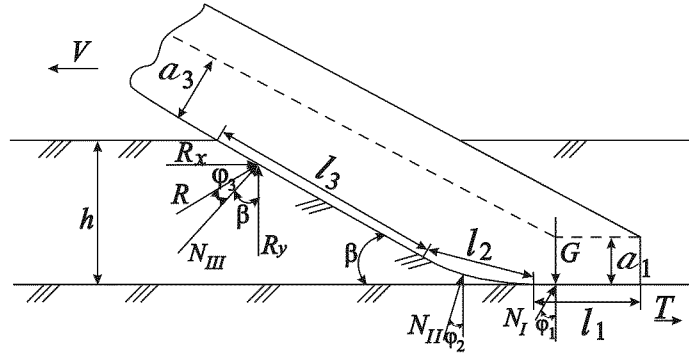
Статична складова сили нормального тиску на бічну поверхню полозкового сошника, визначається за формулою [1]:

$$N_{cm} = \bar{q}S_{\sigma}, \quad (5)$$

де \bar{q} – середній питомий тиск ґрунту на бічну поверхню S_{σ} полозу сошника;

$$\bar{q} = \frac{1}{2}\gamma_{ep}gh, \quad (6)$$

де γ_{ep} – щільність ґрунту; g – прискорення вільного падіння; h – глибина руху полозу сошника.



N_I, N_{II}, N_{III} – статичні складові сили нормального тиску відповідних зон полозу;
 G – вага сошника; R_x, R_y – складові сили тягового опору

Рисунок 2 – Схема полозу сошника із зазначеними основними конструктивними та силовими характеристиками

Використовуючи дані рис. 2, отримуємо:

$$S_{\sigma} = 2 \left[(a_1 - u_1^*)l_1 + \frac{ha_3}{\sin \beta} - u_3^*l_3 - u_2^*l_2 \right], \quad (7)$$

де a_1 – ширина робочої частини зони довжиною l_1 ;

a_3 – ширина робочої частини зон довжиною l_2 і l_3 ; u_1^*, u_2^*, u_3^* – відповідні величини усталеного зносу робочих частин полозу.

Підставляючи (6) і (7) в формулу (5), отримуємо:

$$N_c = \gamma_{ep}gh \left[(a_1 - u_1^*)l_1 + \frac{l_1a_3}{\sin \beta} - u_3^*l_3 - u_2^*l_2 \right]. \quad (8)$$

Динамічна складова сили нормального тиску, що діє на лезо дорівнює [1]:

$$N_{дин} = \frac{dm}{dt}v_N, \quad (9)$$

де $\frac{dm}{dt}$ – маса ґрунту, що переміщується полозом сошника в одиницю часу

$$\frac{dm}{dt} = \frac{S_{рухл}}{2}v\gamma_{ep}, \quad (10)$$

де $S_{рухл} = b \cdot h$ – площа рихлення ґрунту в перерізі в перпендикулярному напрямку руху;

b – товщина полозу;

v – швидкість руху агрегату;

$v_N = v \sin \alpha$, виходячи з рис. 1 та 2.

Врахувавши (10) в (9), маємо:

$$N_{\text{дин}} = \frac{bh}{2} v \gamma_{\text{еп}} \sin \alpha. \quad (11)$$

Аналіз формул (8) та (11) свідчить, що формула (8) для незагостреного не зміцненого і зміцненого, а також для загостреного стандартного полозів сошників буде однаковою, а формула (11) буде мати різний вигляд:

- для незагостреного і не зміцненого полозу сошника:

$$N_{\text{дин}} = \frac{bh}{2} v^2 \gamma_{\text{еп}} (1 - \sin \alpha); \quad (12)$$

- для загостреного стандартного полозу сошника:

$$N_{\text{дин}} = \frac{bh}{2} v^2 \gamma_{\text{еп}} (\sin \alpha - \sin \alpha_1); \quad (13)$$

- для незагостреного зміцненого полозу сошника:

$$\begin{aligned} N_{\text{дин}} &= \frac{b_{\text{зм}}}{2} h v^2 \gamma_{\text{еп}} (1 - \sin \alpha_{\text{зм}}) + \frac{b_{\text{н}}}{2} h v^2 \gamma_{\text{еп}} (1 - \sin \alpha_{\text{н}}) = \\ &= \frac{h}{2} v^2 \gamma_{\text{еп}} [b_{\text{зм}} (1 - \sin \alpha_{\text{зм}}) + b_{\text{н}} (1 - \sin \alpha_{\text{н}})]. \end{aligned} \quad (14)$$

Підставляючи в формулу (4) формули (8), (12) - (14), для визначення статичної і динамічної складових, отримуємо:

- для незагостреного і незміцненого полозу сошника:

$$N = \gamma_{\text{еп}} g h \left[(a_1 - u_1^*) l_1 + \frac{h a_3}{\sin \beta} - \frac{u_{3\text{max}}^* l_3 - u_{2\text{max}}^* l_2}{2} \right] + \frac{bh}{2} v^2 \gamma_{\text{еп}} (1 - \sin \alpha); \quad (15)$$

- для загостреного стандартного полозу сошника:

$$N = \gamma_{\text{еп}} g h \left[(a_1 - u_1^*) l_1 + \frac{h a_3}{\sin \beta} - \frac{u_3^* l_3 - u_2^* l_2}{2} \right] + \frac{bh}{2} v^2 \gamma_{\text{еп}} (1 - \sin \alpha_1); \quad (16)$$

- для зміцненого незагостреного полозу сошника:

$$N = \gamma_{\text{еп}} g h \left[(a_1 - u_{1\text{зм}}^*) l_1 + \frac{h a_{3\text{зм}}}{\sin \beta} - \frac{u_{3\text{зм}}^* l_3 - u_{2\text{зм}}^* l_2}{2} \right] + \frac{h}{2} v^2 \gamma_{\text{еп}} b_{\text{зм}} (1 - \sin \alpha_{\text{зм}}), \quad (17)$$

$$N_{\text{н}} = \gamma_{\text{еп}} g h \left[(a_1 - u_{1\text{н}}^*) l_1 + \frac{h(a_3 - b_{\text{зм}})}{\sin \beta} - \frac{u_{3\text{н}}^* l_3 - u_{2\text{н}}^* l_2}{2} \right] + \frac{h}{2} v^2 \gamma_{\text{еп}} b_{\text{н}} (1 - \sin \alpha_{\text{н}}). \quad (18)$$

Враховуючи формули (14) – (18) у формулах (1)– (4), отримуємо відповідні вирази для визначення сил тягового опору:

- незагострений незміцнений полоз сошника:

$$\begin{aligned} R_x &= \left\{ 2 \gamma_{\text{еп}} g h \left[(a_1 - u_1^*) l_1 + \frac{h a_3}{\sin \beta} - \frac{u_3^* l_3 - u_2^* l_2}{2} \right] - b h v^2 \gamma_{\text{еп}} (1 - \sin \alpha) \right\} \times \\ &\times [(1 - \sin \alpha) + \text{tg} \varphi_{\text{н}} (1 - \cos \alpha)]. \end{aligned} \quad (19)$$

Якщо прийняти, що $\sin \alpha = k_{\text{н}} S$, де $k_{\text{н}}$ – коефіцієнт пропорційності; S - напрацювання, то маємо:

$$R_x = \left\{ 2\gamma_{ep}gh \left[(a_1 - u_1^*)l_1 + \frac{ha_3}{\sin \beta} - \frac{u_3^*l_3}{2} - \frac{u_2^*l_2}{2} \right] - bhv^2\gamma_{ep}(1 - k_n S) \right\} \times \\ \times \left[(1 - k_n S) + tg\varphi_n \left(1 - \sqrt{1 - k_n^2 S^2} \right) \right]; \quad (20)$$

- загострений стандартний полоз сошника:

$$R_x = \left\{ 2\gamma_{ep}gh \left[(a_1 - u_1^*)l_1 + \frac{ha_3}{\sin \beta} - \frac{u_3^*l_3}{2} - \frac{u_2^*l_2}{2} \right] - bhv^2\gamma_{ep}(\sin \alpha - \sin \alpha_1) \right\} \times \\ \times \left[(\sin \alpha - \sin \alpha_1) + 2tg\varphi_n(\cos \alpha - \cos \alpha_1) \right]. \quad (21)$$

Якщо прийняти, що $\sin \alpha = k_n S$, то маємо:

$$R_x = \left\{ 2\gamma_{ep}gh \left[(a_1 - u_1^*)l_1 + \frac{ha_3}{\sin \beta} - \frac{u_3^*l_3}{2} - \frac{u_2^*l_2}{2} \right] - bhv^2\gamma_{ep}(k_n S - \sin \alpha_1) \right\} \times \\ \times \left[(k_n S - \sin \alpha_1) + 2tg\varphi_n \left(\sqrt{1 - k_n^2 S^2} - \cos \alpha_1 \right) \right]; \quad (22)$$

- незагострений зміцнений полоз сошника:

$$R_x = \left\{ \gamma_{ep}gh \left[(a_1 - u_{13M}^*)l_1 + \frac{hb_{3M}}{\sin \beta} - \frac{u_{33}^*l_3}{2} - \frac{u_{22}^*l_2}{2} \right] - \frac{h}{2}v^2\gamma_{ep}b_{3M}(1 - \sin \alpha_{3M}) \right\} \times \\ \times \left[1 - \sin \alpha_{3M} + tg\varphi_{3M}(1 - \cos \alpha_{3M}) \right] + \left\{ \gamma_{ep}gh \left[(a_1 - b_{3M} - u_{1H}^*)l_1 + \frac{h(a_3 - b_{3M})}{\sin \beta} - \frac{u_{3H}^*l_3}{2} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{u_{22}^*l_2}{2} \right] + \frac{h}{2}v^2\gamma_{ep}b_H(1 - \sin \alpha_H) \right\} \left[1 - \sin \alpha_H + tg\varphi_H(1 - \cos \alpha_H) \right]. \quad (23)$$

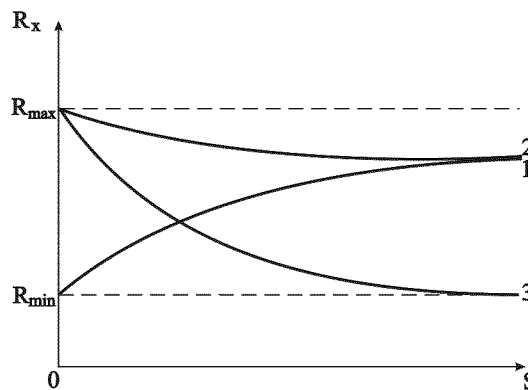
Якщо прийняти, що $\sin \alpha_H = k_n S$; $\sin \alpha_{3M} = k_{3M} S$, де k_{3M} – коефіцієнт пропорційності, то маємо:

$$R_x = \left\{ \gamma_{ep}gh \left[(a_1 - u_{13M}^*)l_1 + \frac{hb_{3M}}{\sin \beta} - \frac{u_{33M}^*l_3}{2} - \frac{u_{23M}^*l_2}{2} \right] - \frac{h}{2}v^2\gamma_{ep}b_{3M}(1 - k_{3M} S) \right\} \times \\ \times \left[1 - k_{3M} S + tg\varphi_{3M} \left(1 - \sqrt{1 - k_{3M}^2 S^2} \right) \right] + \left\{ \gamma_{ep}gh \left[(a_1 - b_{3M} - u_{1H}^*)l_1 + \frac{h(a_3 - b_{3M})}{\sin \beta} - \frac{u_{3H}^*l_3}{2} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{u_{22}^*l_2}{2} \right] + \frac{h}{2}v^2\gamma_{ep}b_H(1 - k_n S) \right\} \left[1 - k_n S + tg\varphi_H \left(1 - \sqrt{1 - k_n^2 S^2} \right) \right]. \quad (24)$$

Аналіз формул (19), (21), (23) свідчить, що тяговий опір є функцією від кута формування різальної кромки полоза сошника в процесі його експлуатації. В першому наближенні до досягнення припрацювання леза сошника (до усталеного процесу його формування), можна вважати, що $\sin \alpha$ пропорційний напрацюванню S .

Графічне представлення характеру залежностей тягового опору від напрацювання згідно з формулами (20), (22) і (24) (рис. 3) свідчить, що тяговий опір сошника з незміцненим і загостреним полозом (крива 1) зростає від мінімального до максимального значення, після якого практично не залежить від напрацювання. Тяговий опір незагострених і незміцнених полозів (крива 2) сошників в початковий момент має

величину, яка з напрацюванням незначно зменшується до певної величини і залишається сталою.



1 – загострений стандартний; 2 – незагострений незміцнений; 3 – незагострений зміцнений

Рисунок 3 – Залежність зміни тягового опору полозкового сошника від напрацювання

У випадку зміцнення полозу сошника запропонованим способом (крива 3) величина тягового опору зменшується від максимальної величини в початковий період до мінімального значення після деякого напрацювання.

Таким чином, результати теоретичних досліджень вказують на те, що доцільно відмовитись від загострення лез полозів сошників під час їх виготовлення і впровадити в виробництво технологічний процес зміцнення їх композиційними матеріалами з реалізацією ефекту самозагострювання.

Список літератури

1. Горячкин В.П. Земледельческая механика / В.П. Горячкин. – М., 1919. – 720 с.
2. Мачок Ю.В. Обґрунтування конструкції полозкового сошника з самозагострюваним лезом полозу / Ю.В. Мачок, В.В. Аулін, Є.К. Солових, І.К. Солових // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб.– Кіровоград, 2011. – Вип. 41; Ч. 1. – С. 297–300.
3. Пат. 20712 Україна, А01С 7/20. Сошник / Сисолін П.В., Сало В.М., Головка О.М., Бойченко С.Ф., Ляшенко А.С., Хроліков О.В.; заявник та патентотримач Кіровоград. ін-т с.-г. машинобудування. - №97020700; заявл. 18.02.1997; опубл. 27.02.1998, Бюл. №1.

Ю. Мачок, В. Сало, В. Аулін, Т. Сабирзянов, П. Лузан

Влияние износа элементов конструкции сошников на их тяговое сопротивление

Статья посвящена изучению вопроса влияния состояния лезвия полоза на тяговое сопротивление полозкового сошника зерновой сеялки. Рассмотрено три возможных варианта состояния лезвия: стандартное заточенное, неупрочненное незаточенное, незаточенное упрочненное износостойкими композиционными материалами. Получены аналитические зависимости и их графическая интерпретация тягового сопротивления полозкового сошника от изменения параметров лезвия.

Yu. Machok, V. Salo, V. Aulin, T. Sabirzyanov, P. Luzan

Impacts wear of construction elements coulter on their traction resistance

This article is devoted to studying the question of influence of blade runner on traction resistance runner coulter seed drill. Three possible options of blade: Standard pointed, unstable Unsharpened, Unsharpened strengthened durable composite materials. Analytical dependences and their graphical interpretation of the traction skid resistance of your settings opener blade.

Одержано 8.10.12