

УДК 631.33.024: 631.331.5

О.Р.Лузан, асп., В.М.Сало, проф. д-р техн. наук, П.Г.Лузан, доц., канд. техн. наук,
С.Я. Гончарова, доц., канд. фіз.-мат. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Визначення умови руху неперервного потоку рослинних решток по стеблевідводу сошника

В статті проведений теоретичний аналіз умов руху неперервного потоку рослинних решток по стеблевідводу сошника для прямої сівби зернових культур. Отримані залежності для визначення сприятливих умов руху рослинних решток по горизонтальній поверхні стеблевідводу та умов утримання рослинних решток на ньому.

сошник, стеблевідвід, посівна секція, сівалка, no-till, пряма сівба, зернові культури, стебло, коренева система, рослинні рештки

Постановка проблеми. Забезпечення державної політики пріоритетного розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу [1] і створення сприятливих економічних умов для збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської техніки та обладнання для харчової і переробної промисловості не можливе без наукового обґрунтування технологій їх виробництва та створення високотехнологічних робочих органів.

Впровадження в господарствах України передових технологій вирощування сільськогосподарських культур на основі технологій no-till вимагає створення відповідних робочих органів для їх реалізації. Сучасні сівалки як вітчизняного так і імпортного виробництва, які використовуються у господарствах, мають дуже велику металоємність за рахунок складності основних і додаткових робочих органів [2]. Їх вага, в більшості випадків, сягає понад одну тону на метр ширини захвату [3], що призводить до надмірного переущільнення ґрунтів і як наслідок зниження їх родючості.

У відповідності до виконання держбюджетної теми №24Б111 “Науково-технологічні основи обґрунтування параметрів робочих органів сучасних посівних систем” розроблена колективом кафедри сільськогосподарського машинобудування Кіровоградського національного технічного університету посівна секція для сівалок прямого посіву [4], дозволяє значно зменшити вагу сівалок, виготовлених на її основі.

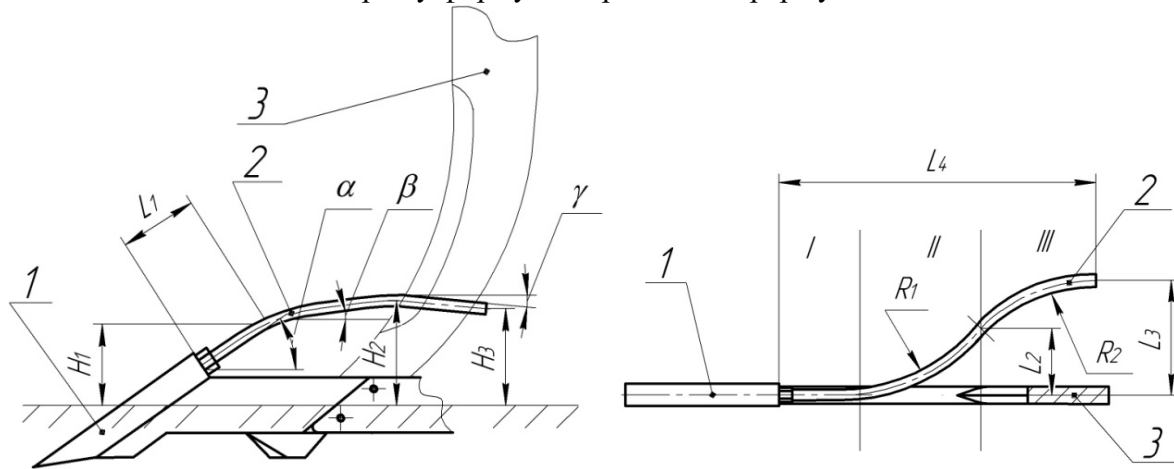
Аналіз останніх досліджень і публікацій. В попередніх роботах [5, 6] було обґрунтовано умови руху рослинних решток по стеблевідводу сошника запропонованої конструкції у випадку, коли рештки залишаються на стеблевідводі. При цьому розглядали рух стебла без врахування взаємодії потоку рослинних решток, тобто припускали, що руху не перешкоджає зіткнення деяких рослинних решток з сошником, і рештки не зупиняються та не попадають на стояк, а відводяться в бік за допомогою стеблевідводу.

Прийняті допущення справедливі при розгляді руху стебла без врахування неперервності потоку рослинних решток. Неперервність потоку рослинних решток суттєво впливає на характер руху по стеблевідводу, що потребує додаткових досліджень.

Метою даного дослідження є теоретичне обґрунтування руху рослинних решток по стеблевідводу сошника після їх відриву від ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо рух рослинних решток по стеблевідводу сошника (рис. 1) після їх відриву від ґрунту, чи підняття його з поверхні.

Розіб'ємо весь шлях руху на три частини: крутий підйом без відведення, пологий підйом з відведенням, пологий спуск із скиданням. На кожній з цих частин стеблевідвід повинен мати різну форму поперечного перерізу.



1 – долото; 2 – стеблевідвід; 3 – стояк

Рисунок 1 – Схема до визначення основних параметрів сошника

В першій частині відбувається піднімання рослинних решток на висоту трохи більшу за половину їх довжини. Це потрібно для того, щоб рослинні рештки на пологій частині стеблевідводу провисали (були у вертикальному положенні) і при можливому зіткненні з сошником на відвідній частині стеблевідводу могли відхилитися від свого вертикального положення в сторону руху сошника і обминати його. При цьому на підйомній частині бажано скинути як можна більшу кількість рослинних решток в результаті їхнього поперечного руху по відношенню до стеблевідводу. Останнє можливе при малих силах, які протидіють поперечному руху. Основною з них є сила, яка протидіє зміні форми рослинних решток (їхньому випрямленню). Тому потрібно, щоб в процесі відриву від землі рослинні рештки як можна менше прогиналися. А це можливе при малій кривизні тієї частини поперечного перерізу стеблевідводу, яка контактує з рослинними рештками. Одним з варіантів такої форми може бути половина еліпса з більшою горизонтальною піввіссю.

Визначимо максимальний кут α нахилу підйомної частини стеблевідводу, при якому може відбуватися рух рослинних решток. Схема статичних сил, які діють на i -ту рослинну рештку в момент її зупинки показана на рис. 2.

Умовами статичної рівноваги окремих рослинних решток є рівність нулю головного вектора $\bar{\mathbf{R}}_i^{(e)}$ та головного моменту $\bar{\mathbf{M}}_{B_i}^{(e)}$ зовнішніх сил, що діють на стебло:

$$\bar{\mathbf{R}}_i^{(e)} = \bar{\mathbf{F}}_{\text{тп}1i} + \bar{\mathbf{F}}_{\text{тп}2} + \bar{\mathbf{N}}_{1i} + \bar{\mathbf{N}}_{2i} + \bar{\mathbf{P}} = 0; \quad (1)$$

$$\bar{\mathbf{M}}_{B_i}^{(e)} = \bar{\mathbf{V}}_i \bar{\mathbf{A}}_i \times \bar{\mathbf{F}}_{\text{тп}2i} + \bar{\mathbf{V}}_i \bar{\mathbf{A}}_i \times \bar{\mathbf{N}}_{2i} + \bar{\mathbf{V}}_i \bar{\mathbf{C}}_i \times \bar{\mathbf{P}} = 0, \quad (2)$$

де $\bar{\mathbf{P}} = m\bar{\mathbf{g}}$ – сила ваги рослинної рештки;

m – маса i -тої рослинної рештки;

$\bar{\mathbf{g}}$ – прискорення земного тяжіння;

$\bar{\mathbf{N}}_{1i}, \bar{\mathbf{N}}_{2i}$ – сила реакції, відповідно, землі і стеблевідводу на i -ту рослинну рештку;

$\bar{F}_{\text{тр}1i}$, $\bar{F}_{\text{тр}2i}$ – сили тертя при рухові i -тої рослинної рештки, відповідно, по землі та стеблевідводу ($F_{\text{тр}1i} = N_{1i}f_1$, $F_{\text{тр}2i} = N_{2i}f_2$);

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя рослинних решток, відповідно, по землі і стеблевідводу.

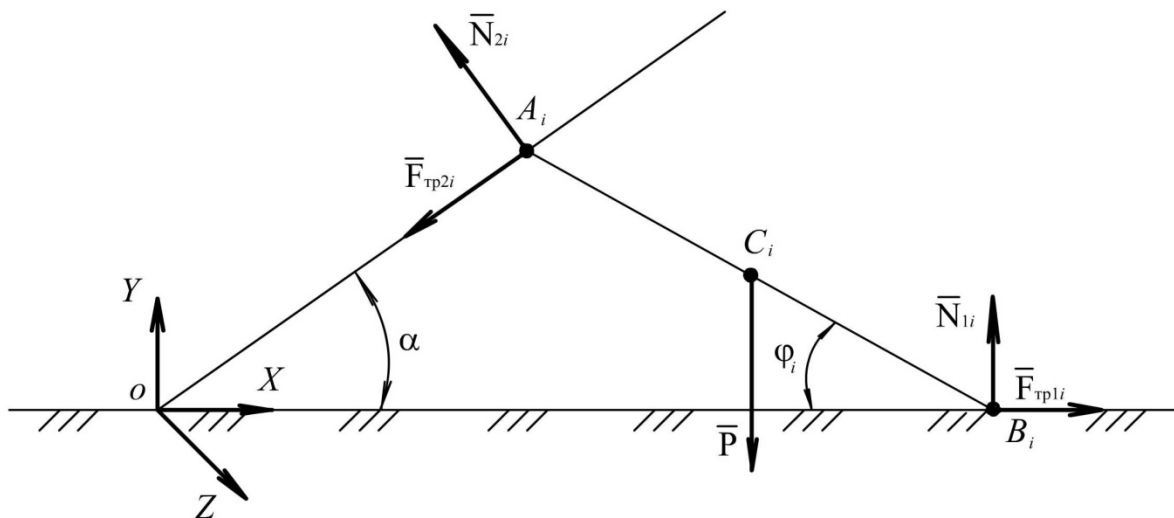
В проекціях на осі декартової системи координат $OXYZ$ рівняння (1) приймає вигляд:

$$N_{1i}f_1 - N_{2i}f_2 \cos \alpha - N_{2i} \sin \alpha = 0, \quad (3)$$

$$-N_{2i}f_2 \sin \alpha + N_{1i} + N_{2i} \cos \alpha - mg = 0. \quad (4)$$

Рівняння (2) можна записати у вигляді:

$$\bar{\mathbf{B}}_i \bar{\mathbf{A}}_i \times (2\bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}2i} + 2\bar{\mathbf{N}}_{2i} + \bar{\mathbf{P}}) = 0. \quad (5)$$



A_iB_i – рослинна рештка; C_i – середина рослинної рештки A_iB_i ; OA_i – стеблевідвід;

α – кут нахилу стеблевідводу; Φ_i – кут нахилу рослинних решток до поверхні ґрунту

Рисунок 2 – Схема дії статичних сил на i -ту рослинну рештку

Нехай стеблевідвід повністю завантажений рослинними рештками і на підйомній частині їх знаходиться n_1 , а на пологій – n_2 , (рис. 3). Запишемо умову руху неперервного потоку рослинних решток по стеблевідводу. Для цього сила $\bar{\mathbf{F}}$, яка виникає при зіткненні стеблевідводу з черговою рослинною решткою, повинна давати таку складову $(\bar{\mathbf{F}})_{OA}$ направлену вздовж підйомної частини стеблевідводу, яка забезпечує недодатність усіх головних моментів зовнішніх сил $(\bar{\mathbf{M}}_{B_i}^{(e)})_z \leq 0$, $/i = \overline{1, n_1}/$ для рослинних решток, що знаходяться на підйомній частині стеблевідводу, та компенсувала б сили тертя тих з них, що знаходяться на горизонтальній частині стеблевідводу, тобто має виконуватися умова:

$$(\bar{\mathbf{F}})_{OA} \geq \sum_{i=1}^{n_1} F_i + \sum_{i=1}^{n_2} F_{\text{тр}2i}, \quad (6)$$

де F_i , $/i = \overline{1, n_1}/$ – сила прикладена в точці A_i і направлена вздовж підйомної частини стеблевідводу, при якій головний момент зовнішніх сил i -ої рослинної рештки на підйомній частині рівний нулю;

$F_{\text{тр}2i}$ – сила тертя i -тої рослинної рештки, яка знаходиться на горизонтальній частині стеблевідводу.

Знайдемо сили F_i , $/i=1, n_1/$. Аналогічно рівності (5) запишемо головний момент i -тої рослинної рештки з урахуванням додаткової сили $\bar{\mathbf{F}}$:

$$\bar{\mathbf{M}}_{B_i}^{(e)} = \mathbf{B}_i \mathbf{A}_i \times (2\bar{\mathbf{F}}_i + 2\bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}2i} + 2\bar{\mathbf{N}}_{2i} + \bar{\mathbf{P}}) < 0, \quad (7)$$

В координатній формі умова (7) має вигляд:

$$\begin{aligned} & -L \cos \varphi_i (2F_i \sin \alpha - 2F_{\text{тр}2i} \sin \alpha + 2N_{2i} \cos \alpha) - \\ & -L \sin \varphi_i (2F_i \cos \alpha - 2F_{\text{тр}2i} \cos \alpha - 2N_{2i} \sin \alpha - mg) < 0. \end{aligned}$$

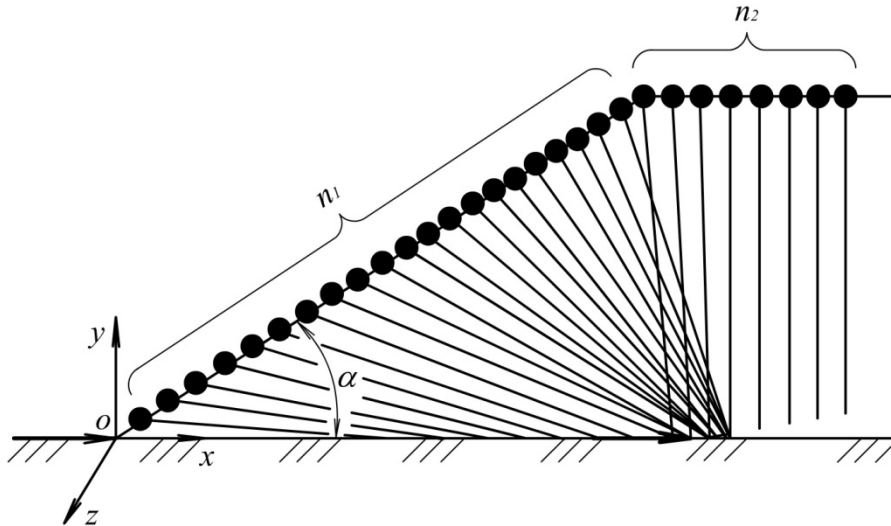


Рисунок 3 – Схема навантаження стеблевідводу рослинними рештками

З останньої рівності отримуємо:

$$F_i > N_{2i} [f_2 - \text{ctg}(\varphi_i + \alpha)] + \frac{mg}{2} \frac{\sin \varphi_i}{\sin(\varphi_i + \alpha)},$$

або враховуючи (4)

$$F_i > \frac{mg}{2} \left(\frac{2f_1 [f_2 - \text{ctg}(\varphi_i + \alpha)]}{(f_1 + f_2) \cos \alpha + (1 - f_1 f_2) \sin \alpha} + \frac{\sin \varphi_i}{\sin(\varphi_i + \alpha)} \right). \quad (8)$$

Функція $F_i(\alpha_i)$ є зростаючою функцією свого аргументу, так як

$$\frac{dF_i(\varphi_i)}{d\varphi_i} = \frac{1}{\sin^2(\varphi_i + \alpha)} \left(\frac{2f_1}{(f_1 + f_2) \cos \alpha + (1 - f_1 f_2) \sin \alpha} + \sin \alpha \right) > 0. \quad (9)$$

Знайдемо кількість рослинних решток на похилій та горизонтальній частинах стеблевідводу і залежність кута φ_i від індексу i – порядкового номера рослинної рештки. Нехай усереднена товщина рослинних решток рівна d , а довжина горизонтальної частини стеблевідводу S , тоді кількість рослинних решток на похилій та горизонтальній частинах стеблевідводу відповідно рівна:

$$n_1 = \frac{L}{d \sin \alpha}, \quad n_2 = \frac{S}{d}. \quad (10)$$

За теоремою синусів для трикутника $OA_i B_i$ маємо:

$$\frac{id}{\sin \varphi_i} = \frac{L}{\sin \alpha}$$

і

$$\alpha_i = \arcsin\left(\frac{id}{L} \sin \beta\right). \quad (11)$$

Проекція $(\bar{F})_{OA}$ рівна:

$$(\bar{F})_{OA} = |\bar{F}|(\cos \beta - f_2 \sin \beta). \quad (12)$$

Таким чином враховуючи (6), (8), (10), (12) і те, що на горизонтальній пологій частині стеблевідводу $F_{\text{тр}2i} \approx f_2 mg$, отримуємо умову руху неперервного потоку рослинних решток по стеблевідводу:

$$\frac{2|\bar{F}|}{mg} (\cos \alpha - f_2 \sin \alpha) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{2f_1[f_2 - \text{ctg}(\varphi_i + \alpha)]}{(f_1 + f_2) \cos \alpha + (1 - f_1 f_2) \sin \alpha} + \frac{\sin \varphi_i}{\sin(\varphi_i + \alpha)} \right) - \frac{2S}{d} f_2 \geq 0. \quad (13)$$

На другій частині стеблевідводу вирішується задача відведення рослинних решток від стояка сошника. При цьому потрібно, щоб рослинні рештки не зійшли з нього на поворотній частині при появі відцентрової сили. Останню можна компенсувати збільшенням поперечної сили тертя, тобто надати стеблевідводу або еліптичної форми з вертикальною великою піввіссю або трикутноподібної форми з гострим верхнім кінцем і вертикальною гранню на зовнішній частині зігнутого стеблевідводу.

В третій частині вирішується задача протилежна до другого етапу, тому тут форма поперечного перерізу стеблевідводу, повинна бути симетричною до попереднього перерізу відносно вертикальною осі. Якщо рослинна рештка не зійшла з стеблевідводу при підйомі, то після виходу на горизонтальну гостроподібну частину, тобто при збільшенні поперечної сили опору стеблевідводу вона тим більше не зійде. Будемо вважати, що до виходу рослинної рештки на гостроподібну частину стеблевідводу запас сили протидії поперечному її руху рівний нулю. Тоді, для відсутності в подальшому поперечного руху рослинних решток, відцентрова сила повинна бути не більшою нової сили протидійної поперечному руху. Так як вважається, що обвисання рослинних решток однакові по обидві сторони від стеблевідводу, то відцентрові сили від цих частин будуть компенсувати одна одну. Поперечний рух рослинної рештки може відбутися тільки в результаті звалювання її основної верхньої частини. Отже, умовою утримання рослинної рештки на стеблевідводі є:

$$m_b \frac{v^2}{R} < \Delta \bar{F}_{\text{тр}},$$

де $\Delta \bar{F}_{\text{тр}} = (f_{2\text{н}} - f_{2\text{ст}}) \bar{N}$, $\bar{N} = mg$, $f_{2\text{н}}$ – новий (посилений) коефіцієнт тертя при поперечному рослинних решток по стеблевідводу;

m_b – маса верхньої частин рослинної рештки (кореневої системи).

Отже,

$$R > \frac{\rho^2 V_c^2}{(f_{2\text{н}} - f_2) g} \frac{m_b}{m}. \quad (14)$$

При цьому рослинні рештки повинні проходити на безпечній відстані від сошника, яка рівна половині усередненого розміру рослинних решток при їх знаходженні на стеблевідводі (в кореневої системи це розмір її серцевини, в надземних – поперечний розмір при усереднено згині). Якщо вищезгаданого не виконати, то рослинні рештки заклинить між сошником і стеблевідводом.

Так як рослинні рештки на стеблевідводі вертикально провисають, то під час руху посівної секції вони будуть розвертатися дугою в сторону проти руху стеблевідводу, тобто кут обхвату буде зменшуватися.

Висновки. На створення сприятливих умов неперервного потоку руху рослинних решток по стеблевідводу впливає як його геометрична форма, так і форма його поперечного перерізу в різних частинах.

В подальших дослідженнях необхідно визначити взаємне розташування стояка сошника посівної секції та стеблевідводу, щоб виключити умови заклинення рослинних решток між ними.

Список літератури

1. Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу [Електронний ресурс]: закон України від 7 лютого 2002 року N 3023-III.- Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=3023-14>.
2. Грессо Р. Сошники и диски – пехотинцы посевной [Електронний ресурс] / Р. Бобби, Д. Хольсхаузер, Р. Питмен // Зерно.- 2011.- №9.- С. 142–148.- Режим доступу до журн.: <http://zerno-ua.com>.
3. Сало В.М. Вибір напрямів вдосконалення сошників сівалок прямого посіву зернових культур / В.М. Сало, О.Р. Лузан // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.– Кіровоград: КНТУ, 2010, Вип. 40, Част. II.– С. 271-277.
4. Пат. 63438 Україна, МПК А01С 7/20 (2006.01) Посівна секція сівалки прямого посіву / Сало В.М., Лузан П.Г., Шмат С.І., Лузан О.Р., Гончаров В.В.; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т.- № u2011 02758; заявл. 09.03.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. №19.
5. Сало В.М. Обґрунтування форми стеблепідіймача сошника для прямої сівби зернових культур / В.М. Сало, О.Р. Лузан, С.Я. Гончарова, П.Г. Лузан // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.- Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011.- Вип. 21.- Том II.- С. 64-74.
6. Лузан О.Р. Дослідження руху рослинних решток по горизонтальній частині стеблевідводу сошника / О.Р. Лузан, В.М. Сало, В.В. Гончаров, П.Г. Лузан // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць.- Кіровоград: КНТУ, 2011.- Вип. 41, (Частина II). С. 49–55.

Е. Лузан, В. Сало, П. Лузан, С. Гончарова

Определение условия движения непрерывного потока растительных остатков по стеблеотводу сошника

В статье проведен теоретический анализ условий движения непрерывного потока растительных остатков по стеблеотводу сошника для прямого посева зерновых культур. Получены зависимости для определения благоприятных условий движения растительных остатков по горизонтальной поверхности стеблеотвода и условий удержания растительных остатков на нем.

E. Luzan, V. Salo, P. Luzan, S. Goncharova

Determining the conditions of motion of a continuous flow of crop residues on the opener device for removing the stems

In this paper a theoretical analysis of the traffic conditions of continuous flow of crop residue on the device for removing stalks opener for direct sowing of grain crops. The dependencies for the determination of favorable traffic conditions of plant residues on the horizontal surface of the device for removing the stems and conditions of retention of crop residues on it.

Одержано 17.04.12