

УДК 631.33.024: 631.331.5

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РОБОТИ СТЕБЛОВІДВОДУ СОШНИКА

О.Р. Лузан, асп.
Кіровоградський НТУ

В статті проведений теоретичний аналіз процесу роботи стебловідводу сошника для прямої сівби зернових культур з рослинними рештками, які утримуються в ґрунті кореневою системою. Отримані залежності для визначення сприятливих умов їх руху по його похилій поверхні. Визначено максимальне значення кута нахилу стебла до поверхні ґрунту, при якому воно, маючи нульову початкову швидкість, не зможе підніматися по стебловідводу.

Ключові слова: сошник, стебловідвід, посівна секція, сівалка, no-till, пряма сівба, зернові культури, стебло.

Проблема. Підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур – одне з основних завдань, що стоять перед землекористувачами і виконання якого не можливе без розвитку та впровадження енергозберігаючих, ґрунтозахисних, екологічно безпечних технологій. Одним із перспективних напрямів на сьогодні є впровадження mini-till та no-till – технологій, які покращують як врожайність рослин, так і властивості ґрунтів [1, 2, 3]. Створені до цього часу посівні машини не повністю відповідають сучасним вимогам, а в деяких випадках і не забезпечують умов збереження ґрунтів та ще й погіршують їх [4, 5, 6].

Впровадження сучасних технологій не можливе без відповідного технічного забезпечення посівною технікою, тому дослідження та розробка її нових робочих органів є досить актуальною науково-технічною проблемою для сільськогосподарського машинобудування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розроблена на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Кіровоградського національного технічного університету у відповідності до виконання держбюджетної теми №24Б111 “Науково-технологічні основи обґрунтування параметрів робочих органів сучасних посівних систем” посівна секція [7] показала достатньо високі показники в роботі, що підтверджується попередніми експериментальними та теоретичними

© О.Р. Лузан.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012.

дослідженнями.

Проведені лабораторні дослідження показують, що при застосуванні в посівній секції сошників із стебловідводом такої конструкції (рис. 1) з'являється можливість підвищити швидкість руху посівного агрегату до 15 км/год і більше, та виконувати сівбу на полях нульового обробітку з різною кількістю і фізико-механічними властивостями рослинних решток.

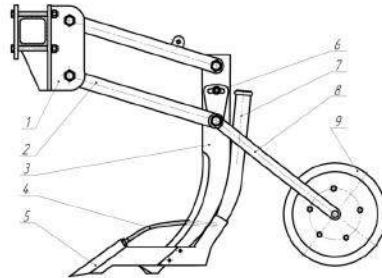


Рис. 1. Загальний вигляд та схема посівної секції сівалки прямого посіву: 1 – кронштейн; 2 – паралелограмна підвіска; 3 – стояк; 4 – стебловідвід; 5 – долото; 6 – сектор регулювання глибини; 7 – на-сіннепровід; 8 – поводиток; 9 – коток

В попередніх працях [8, 9] було проведено теоретичний аналіз роботи посівної секції по відведенню в бік від стояка стебел, які не мають кореневої системи і вільно лежать на поверхні поля, та визначені основні закономірності їх руху по стебловідводу. Не визначеними залишилися умови взаємодії сошника з рослинними рештками, які утримуються в ґрунті кореневою системою.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування процесу взаємодії стебловідводу сошника з рослинними рештками, які утримуються в ґрунті кореневою системою.

Результати дослідження. Усі рослинні рештки, які знаходяться на поверхні поля і в ґрунті під час сівби, умовно можна розділити на:

а) тверді – такі, що при зіткненні зі стебловідводом не прогинаються і мають форму, близьку до прямолінійної (наприклад, соняшнику, кукурудзи, ріпаку і т.п.);

б) тверді, але непрямолінійної форми (дугоподібні), та гнучкі сухі чи вологі, що вільно лежать на поверхні поля (наприклад, зернових культур, бур'янів і т.п.);

в) гнучкі (сухі чи вологі), які утримуються кореневою системою.

Стебла називатимемо гнучкими, якщо вони при зіткненні із стебловідводом прогинаються і змінюють свою форму.

Проаналізуємо процес взаємодії стебловідводу сошника із стеблами, які утримуються кореневою системою. Якщо пряма руху стебловідводу не проходить через кореневу систему, то коренева система разом з своєю зовнішньою частиною залишаться на місці. Якщо ж пряма руху стебловідводу проходить через неї, то коренева система або розривається і залишається в ґрунті, або виривається з нього і, отримавши нульову початкову швидкість по відношенню до стебловідводу, піднімається по ньому. При цьому по стебловідводу рухатиметься саме кореневище (важча частина, оскільки воно в більшості випадків вологе і з ґрунтом), а надґрунтова частина (легша), буде обвисати в той чи інший бік від стебловідводу.

Вияснимо як високо самостійно зможе піднятися по вільному стебловідводу i -та рослинна решетка за рахунок сили тертя \bar{F}_{mp1i} з ґрунтовою поверхнею. Для цього визначимо максимальне значення кута ϕ_i , при якому стебло, маючи нульову початкову швидкість, не зможе підніматися по стебловідводу (рис. 2).

Запишемо умови статичної рівноваги рослинної решетки при умові, що вона однорідна: рівність нулю головного вектора зовнішніх сил $\bar{R}_i^{(e)}$, що діють на неї, та рівність нулю головного моменту зовнішніх сил $\bar{M}_{B_i}^{(e)}$:

$$\bar{R}_i^{(e)} = \bar{F}_{mp1i} + \bar{F}_{mp2i} + \bar{N}_{1i} + \bar{N}_{2i} + \bar{P} = 0, \quad (1)$$

$$\bar{M}_{B_i}^{(e)} = \bar{B}_i A_i \times \bar{F}_{mp2i} + \bar{B}_i A_i \times \bar{N}_{2i} + \bar{B}_i C_i \times \bar{P} = 0, \quad (2)$$

де $\bar{P} = m\bar{g}$ – сила ваги рослинної решетки; m – маса i -тої рослинної решетки; \bar{g} – прискорення від земного тяжіння; $\bar{N}_{1i}, \bar{N}_{2i}$ – сила реакції, відповідно, ґрунту і стебловідводу на i -ту рослинну рештку; \bar{F}_{mp1i} , \bar{F}_{mp2i} – сили тертя під час руху i -тої рослинної рештки, відповідно, по поверхні ґрунту та стебловідводу ($F_{tp1i} = N_{1i}f_1$, $F_{tp2i} = N_{2i}f_2$); f_1, f_2 – коефіцієнти тертя рослинних решток, відповідно, по ґрунту і стебловідводу.

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

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

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

З рівнянь (3), (4) знаходимо реакції N_1, N_2 :

$$N_{1i} = mg \frac{f_2 + \operatorname{tg} \alpha}{f_1 + f_2 + (1 - f_1 f_2) \operatorname{tg} \alpha}, \quad (5)$$

$$N_{2i} = mg \frac{f_1}{(f_1 + f_2) \cos \alpha + (1 - f_1 f_2) \sin \alpha}. \quad (6)$$

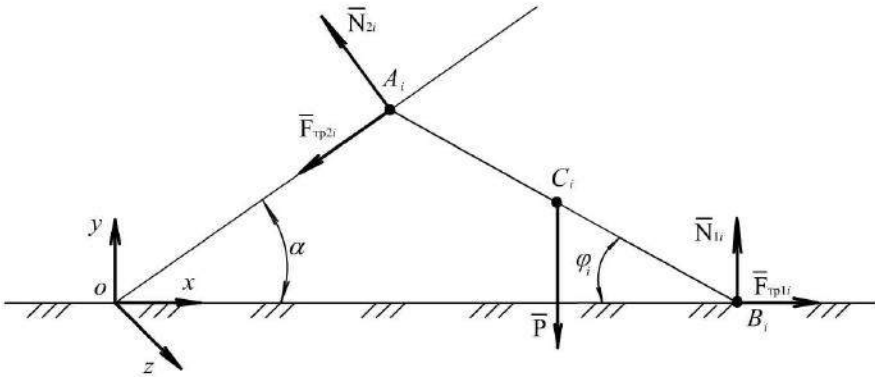


Рис. 2. Схема дії статичних сил на i -ту рослинну рештку в момент її зупинки: $A_i B_i$ – рослинна рештка; C_i – середина рослинної рештки $A_i B_i$; $O A_i$ – стебловідвід; α – кут нахилу стебловідводу; ϕ_i – кут нахилу рослинних решток до поверхні ґрунту.

Рівняння (2) можна записати у вигляді:

$$\overline{B_i A_i} \times (2\overline{F}_{mp2i} + 2\overline{N}_{2i} + \overline{P}) = 0, \quad (7)$$

або в координатній формі:

$$-L \cos \phi_i (-2f_2 N_{2i} \sin \alpha + 2N_{2i} \cos \alpha - mg) - L \sin \phi_i (-2f_2 N_{2i} \cos \alpha - 2N_{2i} \sin \alpha) = 0, \quad (8)$$

де L – половина довжини рослинної рештки.

З (8) виражаємо тангенс кута ϕ_i :

$$\operatorname{tg} \phi_i = \frac{1}{f_2 \cos \alpha + \sin \alpha} \left(\cos \varepsilon - f_2 \sin \alpha - \frac{mg}{2N_{2i}} \right),$$

або, враховуючи (6), знаходимо сам кут ϕ_i :

$$\phi_i = \arctan \frac{f_1 - f_2 - (1 + f_1 f_2) \operatorname{tg} \alpha}{2f_1 (f_2 + \operatorname{tg} \alpha)}. \quad (9)$$

Зауважимо, що оскільки рослинні рештки з кореневою системою неоднорідні і їхня важча частина знаходиться на стебловідводі, то в реальних умовах сила опору $F_{\text{тр}2}$ є більшою, а сила – $F_{\text{тр}1}$ меншою, тому значення кута ϕ_1 буде меншим за знайдене в (9).

Для аналізу залежності (9) знайдемо довжину відрізка $S = OB_1$, тобто відстань, яку пройде основа стебла після зіткнення з стебловідводом при максимальному куті його підйому. З рис. 2 видно, що:

$$S = L \cdot (\text{tg} \phi + \text{ctg} \alpha) \cos \phi. \quad (10)$$

Висновки. З аналізу графічних залежностей (рис. 3) та аналітичних залежностей (9), (10) для різних допустимих значень коефіцієнтів тертя f_1, f_2 і останнього зауваження можна зробити висновок, що рослинні рештки після виривання із ґрунту в результаті дії тільки сили тертя практично не піднімаються по стебловідводу. Тобто їх рух здійснюється наступним чином: перша рослинна рештка після виривання її із ґрунту залишається біля основи стебловідводу, при вириванні наступної з'являється додаткова значна сила, яка перевищує сили опору руху по стебловідводу попередньої рослинної рештки і тому остання переміщується по ньому на відстань, яка дорівнює товщині другої рослинної рештки. При підході до наступної кореневої системи і при її вириванні появляється нова сила, яка перемістить попередні рослинні рештки по стебловідводу ще на одну товщину рослинної рештки і так далі. При цьому рослинні рештки типу (а), які попадатимуть на стебловідвід, самостійно не зможуть підніматися по ньому, а знаходитимуться між рослинними рештками типу (б) і рухатимуться разом з ними.

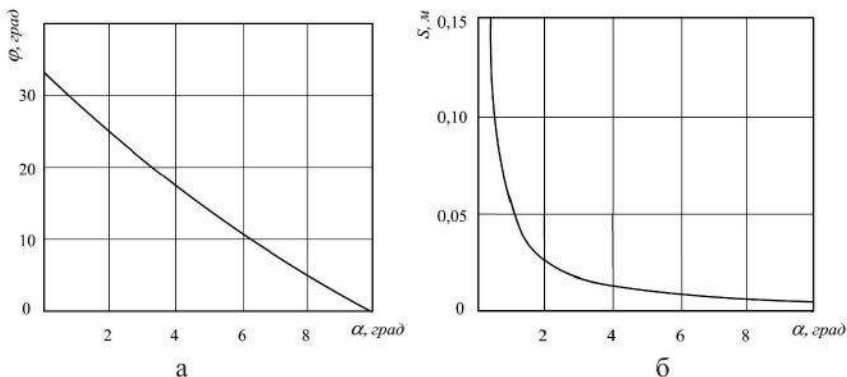


Рис. 3. Залежність кута повороту стебла $\phi_1(\alpha)$ (а) та переміщення $S(\alpha)$ (б) при $f_1=0,5, f_2=0,3$

Отже, рослинні рештки рухаються по стебловідводу під дією деякої постійної досить значної сили \bar{F} практично неперервним потоком з постійною швидкістю V :

$$V = \rho V_c, \quad (11)$$

де ρ – лінійна густина рослинних решток, тобто товщина ланцюга, який утвориться на стебловідводі при проходженні ним шляху в одиницю довжини; V_c - швидкість руху стебловідводу.

В подальшому можна розглядати рух тільки тих стебел, які знаходяться в зоні дії сошника і приймати такі допущення:

- сила \bar{F} така, що рух потоку рослинних решток по стебловідводу постійний, тобто йому не перешкоджає зіткнення деяких рослинних решток з сошником;
- рослинні рештки не зупиняються при зіткненні із сошником – вони проходять далі і не попадають на нього, або сходять по стебловідводу в бік від стояка сошника і не затримуються на ньому;
- рослинні рештки при контакті з сошником приймають форму зігнутого стебла з майже однаковими ланками.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Шикула Н.К.* Минимальная обработка черноземов и воспроизведение их плодородия / Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко.- М: Агропромиздат, 1990.- 320 с.
2. *Кукса Л.* Ресурсо- й енергоощадні технології обробітку ґрунту та сівби зернових культур / Л. Кукса // Пропозиція.- 2008.- № 4.- С. 118-125.
3. *Ковалик М.Я.* Ресурсозберігаючі технології – один з найбільш перспективних напрямків поліпшення використання земельних ресурсів / М.Я. Ковалик, Г.Т. Степаник // Інноваційна економіка.- 2011.- №7 (26). –С. 87-91.
4. *Шикула М.* Ґрунтообробна і посівна техніка для ґрунтозахисного землеробства / М. Шикула // Техніка АПК.-2005.- №9.- С. 14-16.
5. *Новатски Д.* Консервативное возделывание почвы и оборудование для стерневого посева / Новатски Д., Эшли Р., Хофман В.- NDSU Extension Service, Fargo, North Dakota 58105, ноябрь, 2007.
6. *Машины для обробітку ґрунту та сівби* / [Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф., Шустік Л.П. та ін.] за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника.- Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.- 2009.

– 228 с.

7. Пат. на корисну модель 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.
8. Сало В.М. Обґрунтування форми стеблопідіймача 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.- Т. II.- С. 64-74.
9. Лузан О.Р. Дослідження руху рослинних решток по горизонтальній частині стебловідводу 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, Ч. II. –С. 49–55.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАБОТЫ СТЕБЛЕОТВОДА СОШНИКА

В статье проведен теоретический анализ процесса взаимодействия стеблеотвода сошника для прямого посева зерновых культур с растительными остатками, которые удерживаются в почве корневой системой. Полученные зависимости для определения благоприятных условий их движения по его наклонной поверхности. Определено максимальное значение угла наклона стебля к поверхности почвы, при котором он, имея нулевую начальную скорость, не сможет подниматься по стеблеотводу.

Ключевые слова: сошник, стеблеотвод, посевная секция, сеялка, no-till, прямой посев, зерновые культуры, стебель.

ANALYSIS PROCESS WORK TAKE THE STEMS PLOWSHARE

In the article held the theoretical analysis of the work take the stems plowshare for direct sowing of grain crops with plant debris contained in the soil root systems. Obtained dependences for determining favorable conditions for their movement on its slope. Determined the maximum angle of the stem to the ground, where it is with zero initial velocity, cannot climb plowshare.

Key words: stalk, seeding machine, no-till, sowing, grain-crops, vegetation.