

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАДЕЛЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Елена Лузан, Василий Сало, Петр Лузан, Сергей Лещенко

Кировоградский национальный технический университет
25006, г. Кировоград, пр. Университетский, 8

Аннотация. В статье приведено теоретическое обобщение и новые способы решения научной проблемы технического обеспечения экологически чистых технологий выращивания зерновых культур путем создания эффективных заделывающих рабочих органов посевных машин. Новое решение поставленной задачи нашло отражение и подтверждение в определении основных параметров устройства для отвода стеблей из зоны действия заделывающих рабочих органов.

Ключевые слова: сеялка, заделывающий рабочий орган, прямой посев, посевная секция, no-till, зерновые культуры, растительные остатки, стеблеотвод, технология выращивания, минимальная обработка почвы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В традиционных технологиях растениеводства при обработке почвы задействовано большое количество сельскохозяйственных агрегатов, воздействие на почву которых ухудшает ее экологическое состояние.

Мировой опыт земледелия доказал, что глубокая ежегодная плужная обработка не только не приносит пользы, но и наносит непоправимый вред, усиливая эрозийные процессы.

Новые системы земледелия mini- и no-till технологии, которые в настоящее время получают широкое распространение, предусматривают отказ от традиционной вспашки и посев при минимальной обработке почвы.

В таких технологиях главной машиной является сеялка, и от ее агроэкологических показателей зависит как качество урожая, так и ее влияние на окружающую среду. Поэтому даже незначительное улучшение этих показателей остается актуальной задачей для машиностроения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для посева зерновых культур разработано большое количество конструкций заделывающих рабочих органов, обеспечивающих реализацию как традиционных, так и современных технологий их выращивания.

Анализ современных сеялок для прямого посева показывает, что удельная материалоемкость на метр ширины захвата большинства их конструкций составляет больше одной тонны, и дальнейшее увеличение производительности осуществляется во многих случаях за счет увеличения массы.

На наш взгляд, снижение материалоемкости, и как следствие, улучшение агроэкологических показателей, можно достичь за счет применения заделывающих рабочих органов с острым углом вхождения в почву. Их широкое применение ограничивается рядом нерешенных проблем, одной из которых является накопление растительных остатков на их стойках.

Попытки решить данную проблему установкой дополнительных рабочих органов приводит к усложнению конструкции, что не дает желаемого результата.

Разработанная в Кировоградском национальном техническом университете посевная секция к сеялкам для нулевых технологий во время проведения предварительных испытаний показала удовлетворительные результаты. Для установления рациональных параметров устройства для отвода стеблей были проведены теоретические исследования.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является теоретическое обоснование параметров для обеспечения работоспособности и повышение эффективности функционирования заделывающих рабочих органов машин для прямого посева зерновых культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Параметры предложенного устройства стеблеотвода (рис. 1) определяли из условий взаимодействия с растительными остатками.

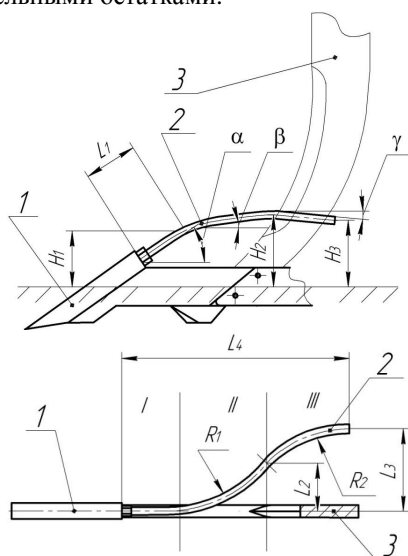


Рис. 1. Основные параметры заделывающего рабочего органа: 1 - долото 2 – устройство для отвода стеблей 3 – стойка

Fig. 1. Basic parameters of covering working body:

1- chisel 2- stem removing device 3- support

Все растительные остатки, находящиеся на поле во время посева, условно разделяли на три типа:

- твердые, имеющие форму близкую к прямолинейной;
- твердые дугообразные и гибкие, свободно лежащие на поверхности почвы;
- гибкие, удерживающиеся в почве корневой системой.

Первый тип при столкновении с сошником разворачивается на некоторый угол, занимает положение вдоль движения посевной секции и практически не препятствует процессу посева [22].

Растительные остатки второго типа после столкновения с устройством для отвода стеблей при условии $F_{11} - F_{12} > F_{22}$ сползают с него, в противном случае начинают движение по нему с некоторой начальной скоростью (рис. 2).

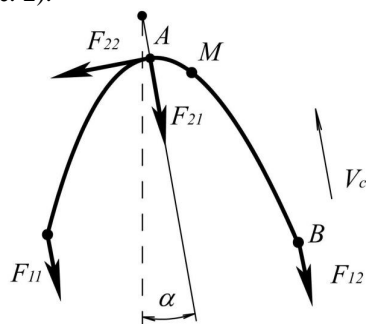


Рис. 2. Схема захвата растительных остатков дугообразной формы устройством для отвода стеблей: F_{11} , F_{12} , F_{22} - силы трения соответственно по поверхности почвы и стержню
Fig. 2. The scheme for taking crop residues of bow-shaped form by stem removing body of seed boot: F_{11} , F_{12} , F_{22} - the friction force according to the soil surface and stem

При взаимодействии с растительными остатками третьего типа ситуация практически аналогична предыдущему случаю, только они могут либо остаться в почве, если центр корневой системы находится в стороне от траектории движения, либо подниматься, но практически с нулевой начальной скоростью [21].

Очевидно, что исследовать нужно ситуацию с растительными остатками второго и третьего типов.

Выясним, как высоко самостоятельно смогут подняться по свободному устройству растительные остатки под действием только силы трения о поверхность почвы.

Определим максимальное значение угла φ_i , при котором стебель, имея нулевую начальную скорость, не сможет самостоятельно подниматься (рис. 3). Условия статического равновесия растительных остатков: равенство нулю главного вектора внешних сил, действующих на них, и равенство нулю главного момента внешних сил:

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

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

где: $\bar{\mathbf{P}}$ – сила веса стебля; m – масса стебля; $\bar{\mathbf{N}}_{1i}, \bar{\mathbf{N}}_{2i}$ – силы реакции поверхности почвы и устройства для отвода стеблей соответственно; $\bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}1i}, \bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}2i}$ – сила трения i -го стебля, соответственно по поверхности почвы и стеблеотводу, ($F_{\text{тр}1i} = N_{1i} f_1$, $F_{\text{тр}2i} = N_{2i} f_2$).

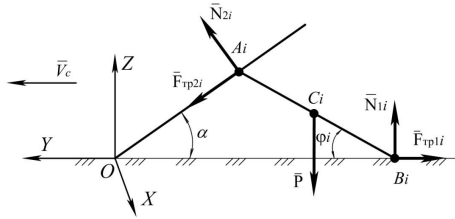


Рис. 3. Схема действия статических сил на стебель в момент его остановки:

$A_i B_i$ – длина стебля; C_i – середина стебля $A_i B_i$; $O A_i$ – стеблеотвод; α – угол наклона стеблеотвода; φ_i – угол наклона стебля к поверхности почвы
Fig. 3. The scheme of functioning of static forces on the stem at the moment of its halt: $A_i B_i$ – length stem; C_i – middle of the stem $A_i B_i$; $O A_i$ – stem removing device; α – the tilting angle of stem removing device; φ_i – the angle of the stem to the soil surface

В проекциях на оси декартовой системы координат $OXYZ$ уравнение (1) примет вид:

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

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

Из (3), (4) реакции N_{1i}, N_{2i} :

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

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

Тогда уравнение (2) запишется:

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

или в координатной форме:

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

где: L – половина длины стебля.

Из (8) с учетом (5) кут φ_i :

$$\varphi_i = \text{arctg} \frac{f_1 - f_2 - (1 + f_1 f_2) \text{tg} \alpha}{2f_1 (f_2 + \text{tg} \alpha)}. \quad (9)$$

Из уравнения (9) максимальная высота горизонтальной части устройства для отвода стеблей:

$$H_i = \frac{f_1 - f_2 - (1 + f_1 f_2) \text{tg} \alpha \cdot L}{\sqrt{4f_1^2 (f_2 + \text{tg} \alpha)^2 + [f_1 - f_2 - (1 + f_1 f_2) \text{tg} \alpha]^2}}. \quad (10)$$

Расстояние, которое пройдет стебель после столкновения из сошником при максимальном углу его подъема:

$$S = L \cdot (\text{tg} \varphi + \text{ctg} \alpha) \cos \varphi. \quad (11)$$

Стебли будут двигаться по по стеблеотводу под действием некоторой постоянной довольно значительной силы $\bar{\mathbf{F}}$ практически непрерывным потоком с постоянной скоростью V :

$$V = \mu V_c, \quad (12)$$

где: μ – линейная плотность стеблей; V_c – скорость движения сеялки.

Если растительные остатки не сошли с поверхности стеблеотвода при подъеме, то после выхода на горизонтальную часть, т.е. при увеличении поперечной силы сопротивления, они тем более не сойдут. Будем считать, что до выхода растительных остатков на горизонтальную часть стеблеотвода запас силы противодействия поперечному движению равен нулю. Тогда, для отсутствия в дальнейшем поперечного движения растительных остатков, центробежная сила должна быть не больше новой силы противодействующей поперечному движению.

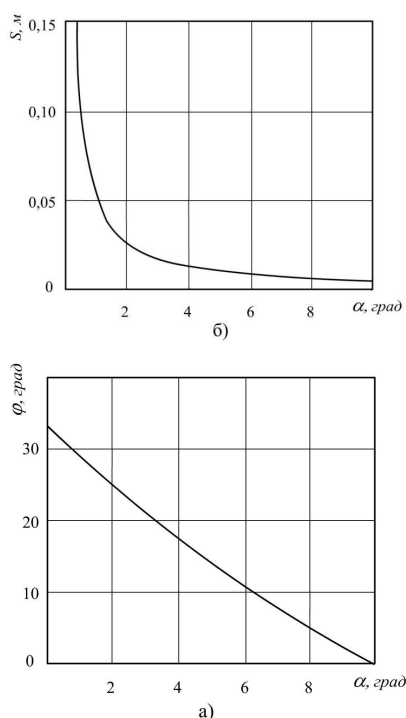


Рис. 4. Зависимость угла поворота стебля $\varphi_i(\alpha)$ (а) и перемещения $S(\alpha)$ (б) при $f_1 = 0,5$, $f_2 = 0,3$

Fig. 4. The dependence of the angle of rotation of the stem $\varphi_i(\alpha)$ (а) and move $S(\alpha)$ (б) at $f_1 = 0,5$, $f_2 = 0,3$

Поперечное движение растительных остатков может произойти только в результате поворота их тяжелой части. Условием удержания растительных остатков на стеблеотводе является:

$$m_b \frac{V^2}{R} < \Delta \bar{F}_{\text{тр}}, \quad (13)$$

где: $\Delta \bar{F}_{\text{тр}} = (f_{2н} - f_{2ст}) \bar{N}$, $\bar{N} = mg$; $f_{2н}$ – новый (усиленный) коэффициент трения при поперечном движении стеблей по стеблеотводу; m_b – масса тяжелой части стебля.

Из (12), (13) получаем нижнее ограничение радиуса кривизны стеблеотвода:

$$R_1 > \frac{\mu^2 V_c^2 m_b}{(f_{2н} - f_2) g m}. \quad (14)$$

При этом растительные остатки должны проходить на безопасном расстоянии от стояка сошника, которое

равно половине усредненного размера растительных остатков при их нахождении на стеблеотводе. Если выше упомянутого не выполнить, то растительные остатки заклинит между сошником и стеблеотводом.

В третьей части решается задача противоположна второму этапу, поэтому здесь форма поперечного сечения стеблеотвода должна быть симметричной к второй части относительно вертикальной плоскости.

ВЫВОДЫ

Из анализа графических зависимостей (рис. 4) и аналитических зависимостей (9) и (10) для различных допустимых значений коэффициентов трения f_1, f_2 можно сделать вывод, что стебли, после вырывания из почвы в результате действия только силы трения практически не поднимаются по устройству для отвода стеблей. То есть их движение осуществляется следующим образом: первое стебло после вырывания из почвы остается у основания сошника. При вырывании второго появляется дополнительная значительная сила, которая превышает силы сопротивления движения по устройству для отвода стеблей предыдущей части растительных остатков и перемещается по нему на расстояние, равное толщине своеобразной порции следующих стеблей.

При этом, растительные остатки второго типа попадая на устройство для отвода стеблей, самостоятельно не смогут подниматься по нему, а находясь между растительными остатками третьего движутся вместе с ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baker C.J. No-tillage seeding: Science and practice. / C.J. Baker, K.E. Saxton, W.R. Ritchie CAB International, Wallingford, UK, 1996. – 258 p.
2. Epplin F.M. Impacts of Alternative Tillage Methods for Continuous Wheat on Grain. Yield and Economics: Implications for Conservation / F.M. Epplin, G.A. Al-Sakkaf, T.F. Peepers

- // Journal of Soil and Water Conservation, 1994.- P. 394-399.
3. Harman W.L. No-Till Technology: Impacts on Farm Income, Energy Use and Groundwater Depletion in the Plains / W.L. Harman, D.C. Hardin, A.F. Wiese, P.W. Unger and J.T. Musick // Western Journal of Agricultural Economics, 1985.- №1.- P. 134-146.
4. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие. Избранные труды. / Бараев А.И.- М.: Агропромиздат, 1988.- 383 с.
5. Гассен Д. Прямой посев - дорога в будущее / Д. Гассен, Ф. Гассен.- Днепропетровск: Корпорация "АгроСоюз", 2004.- 206 с.
6. Гриссо Р. Сошники и диски - пехотинцы посевной [Электронный ресурс] / Р. Бобби, Д. Хольсхаузер, Р. Питмен // Зерно.- 2011.- №9.- С. 142-148.- Режим доступа до журн.: <http://zerno-ua.com>.
7. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика.- К.: Изд-во УСХА, 1992.- 512 с.
8. Зволинский В.Н. Развитие Конструкций зерновых сеялок прямого посева / В.Н. Зволинский, Н.И. Любушко // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2003.- №7.- С. 28-36.
9. Корн Г.А. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г.А. Корн, Т.М. Корн.- М.: Наука, 1974.- 832 с.
10. 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: 36. наук. праць.- Кіровоград: КНТУ, 2011.- Вип. 41, (Частина II). С. 49-55.
11. Лузан О.Р. Обгрунтування параметрів посівної секції для прямої сівби зернових культур / О.Р. Лузан, В.М. Сало, П.Г. Лузан, С.М. Лещенко // 36. наук. праць ВНАУ. Серія: Технічні науки.- Вінниця: ВНАУ, 2012.- Вип. 11, Том 2 (66).- С. 217-222.
12. Марченко В.В. Технології і технічні засоби сівби при мінімальному і нульовому обробітку / Марченко В.В., Котко І.Г., Опалко В.Г. // Аграрна техніка та обладнання.- 2009.-№1(6), 03/- С. 20-28.
13. 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: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.- 2009.- 228 с.
14. 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.
15. Панічев Р. Стратегії обробітку ґрунту / Р. Панічев // Агросектор (журнал сучасного сільського господарства).- 2007.- № 9(23).-С. 18-22.
16. Посівна секція для сівалок прямого посіву: Пат. 99691 Україна, МПК А01С 7/20 (2006.01) / Сало В.М., Лузан О.Р., Лузан П.Г., Савицький М.І.; заявник і патентовласник Сало В.М.;- № у 2011 14347; заявл. 05.12.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. №12.
17. Сало В.М. Обгрунтування форми стеблепідіймача сошника для прямої сівби зернових культур / В.М. Сало, О.Р. Лузан, С.Я. Гончарова, П.Г. Лузан. Вип. 21.- Том II.- Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011.- С. 64-74.
18. Сысолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование / Сысолин П.В., Погорелый Л.В.-К.: Феникс, 2005.- 264 с.
19. Сало В.М. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом [Електронний ресурс] / В.М. Сало, С.І. Шмат, П.Г. Лузан // Международная научно-техническая интернет конференция «Задачи земледельческой механики в XXI веке», 2-10 ноября 2011 г.- Дослідницьке - Мелитополь, 2011.-

С. 61–65.– Режим доступу до збірника доповідей: www.tsaa.org.ua.

20. Шмат С.І. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур / Шмат С.І., Лузан П.Г., Колісник С.В. // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць.- Кіровоград: 2010, Вип. 23, С. 303-309.

21. Yuriy Seleznyov. 2008 : Автоматизация проектирования зубчатых цилиндрических передач приводов сельскохозяйственных машин с использованием программного комплекса на базе MS EXCEL / Yuriy Seleznyov, Gennady Ivanov, Pavlo Polyansky // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 10 B, 117-123.

22. Anatoliy Yakovenko. 2004 : Моделирование процессов производства органо-минеральных удобрений / Anatoliy Yakovenko, Leonid Doroshenko, Krysztof Plizga // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 6, 269-273.

JUSTIFICATION OF THE FILLING-UP PARAMETERS OF WORKING BODIES FOR DIRECT SOWING OF CEREAL CROPS

Abstract. The article contains theoretical generalization and new ways of solving the scientific problem of technical provision of ecologically friendly technologies for growing cereal crops through the creation of effective filling-up working bodies of sowing drills. The new decision of the problem put by was reflected and proved in the definition of basic parameters of the device for taking aside the stems from the area of function of the covering working bodies of sowing drills.

Key words: drill, the covering working body, direct sowing, sowing section, no-till, crops, crop residues, stem removing device, growing technology, minimum tillage, seed boot.