

## Секция 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 633.521:631.334

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ХОДА ДВУХДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

В. В. АМЕЛИЧЕВ, аспирант  
В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Лен является важнейшей технической сельскохозяйственной культурой для Республики Беларусь [4, 7, 13, 15, 16].

Одним из основных требований, которые предъявляются к посеву семян льна, является равномерное их размещение по площади и по глубине. Равномерность семян по площади не должна превышать  $\pm 3\%$ . При этом ширина междурядья должна составлять 6–7,5 см, глубина заделки семян – 1–3 см в зависимости от типа почвы. Семена должны быть уложены на плотное дно бороздки и покрыты влажной рыхлой почвой [1–3, 8–12, 17].

Однако конструкции некоторых сошников не всегда удовлетворяют этому требованию. Поэтому нашей задачей является проведение теоретического исследования устойчивого хода предлагаемого двухдискового сошника по глубине для посева мелкосеменных культур.

**Основная часть.** Если минимизировать возможность осыпания почвы со стенок борозды и захвата семян рабочими поверхностями сошника, то все же при работе он будет испытывать внешние воздействия. Они зависят от установки рабочего органа и твердости почвы [5].

Опираясь на одну из аксиом статики, что «все изолированные тела находятся в состоянии равновесия до тех пор, пока другие силы не выведут его из этого состояния» [14, 18], работу сошника, который совершает равномерное прямолинейное движение, можно рассмотреть как плоскую систему сил. Данная система сил состоит из силы тяжести сошника  $G$ , силы давления пружины  $P$ , направленную перпендикулярно поводку, и реакции почвы на сошник  $R$ , которую можно разложить на проекции по осям  $x$  и  $y$  (рис. 1).

Глубину хода сошника можно определить по формуле

$$h = l_{Ry} + r - H, \quad (1)$$

где  $l_{R_x}$  – плечо проекции силы  $R$  на ось  $x$  относительно шарнира  $O$ ;

$r$  – радиус реборды сошника;

$H$  – высота просвета сошника.

Значение реакции почвы зависит от коэффициента объемного смятия почвы  $q$ . Изменение данного коэффициента вызывает колебания сошника относительно положения равновесия. Поэтому уравнение колебаний сошника имеет следующий вид [6]:

$$J\varepsilon = Pl_p + Gl_G - R_x l_{R_x} - R_y l_{R_y}, \quad (2)$$

где  $J$  – момент инерции сошника относительно шарнира  $O$ ;

$\varepsilon$  – угловое ускорение сошника.

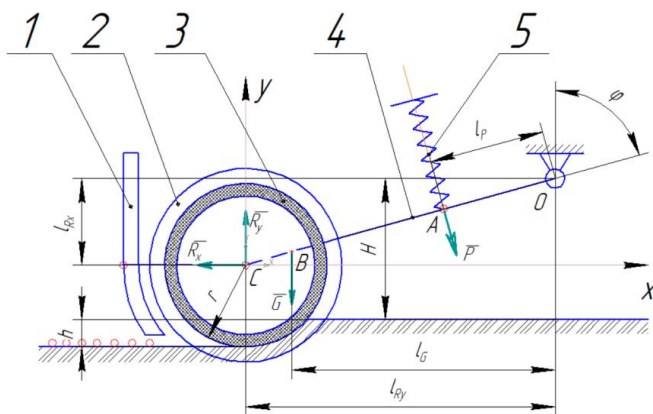


Рис. 1. Схема системы сил, действующей на сошник:

1 – семянаправитель; 2 – диск сошника; 3 – реборда сошника;

4 – поводок; 5 – нажимная штанга с пружиной

Если плечи сил выразить через  $\varphi$ , принятой равной  $\varphi_0 + \Delta\varphi$ , и преобразовать формулу (2) с учетом изменений сил, то получим следующее:

$$J\varepsilon = (P_0 + \Delta P) \cdot OA + G \cdot OB \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) - (R_{x0} + \Delta R_x) \cdot OC \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi) - (R_{y0} + \Delta R_y) \cdot OC \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi), \quad (3)$$

где  $\varphi_0$ ,  $P_0$ ,  $R_{x0}$ ,  $R_{y0}$  – значения угла между линией поводка и вертикалью, сил давления пружины и проекции реактивной силы на осях  $x$  и  $y$  соответственно, когда сошник находится в равновесии;

$\Delta\varphi$ ,  $\Delta P$ ,  $\Delta R_x$ ,  $\Delta R_y$  – изменения значений угла между линией поводка и вертикалью, сил давления пружины и проекции реактивной силы на осях  $x$  и  $y$  соответственно;

$OA$ ,  $OB$ ,  $OC$  – расстояние между шарниром  $O$  до точек приложения сил вдоль поводка.

Если угловое ускорение сошника  $\varepsilon$  и изменения значения сил  $\Delta P$ ,  $\Delta R_x$ ,  $\Delta R_y$  представить формулами [2, 6]:

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2} \left( \frac{d\varphi}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} \right) = \frac{d^2\varphi}{dq^2} \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 + \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{d^2q}{dt^2}; \quad (4)$$

$$\Delta P = OA \cdot \Delta\varphi \cdot c; \quad (5)$$

$$\Delta R_x = \left| \frac{\delta R_x}{\delta\varphi} \right|_0 \Delta\varphi + \left| \frac{\delta R_x}{\delta q} \right|_0 \Delta q; \quad (6)$$

$$\Delta R_y = \left| \frac{\delta R_y}{\delta\varphi} \right|_0 \Delta\varphi + \left| \frac{\delta R_y}{\delta q} \right|_0 \Delta q; \quad (7)$$

то при подстановке в формулу (3) получим

$$\begin{aligned} J \left( \frac{d^2\varphi}{dq^2} \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 + \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{d^2q}{dt^2} \right) &= OA \cdot P_o + OA^2 \cdot \Delta\varphi \cdot c + G \cdot OB \sin(\varphi_o + \Delta\varphi) - \\ &- R_{x_o} \cdot OC \cos(\varphi_o + \Delta\varphi) - \left( \left| \frac{\delta R_x}{\delta\varphi} \right|_0 \Delta\varphi + \left| \frac{\delta R_x}{\delta q} \right|_0 \Delta q \right) \cdot OC \cos(\varphi_o + \Delta\varphi) - \\ &- R_{y_o} \cdot OC \sin(\varphi_o + \Delta\varphi) - \left( \left| \frac{\delta R_y}{\delta\varphi} \right|_0 \Delta\varphi + \left| \frac{\delta R_y}{\delta q} \right|_0 \Delta q \right) \cdot OC \sin(\varphi_o + \Delta\varphi), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $c$  – коэффициент жесткости пружины.

Обозначим коэффициентами  $C_1$  и  $C_2$  следующие выражения, принимая  $\sin\Delta\varphi = \Delta\varphi$  и  $\cos\Delta\varphi = 1$  из-за малости значения  $\Delta\varphi$  и скорость изменения коэффициента объемного смятия почвы  $q$  по времени – постоянной

$$C_1 = OA^2 \cdot c + G \cdot OB \cos \varphi_o - R_{x_o} \cdot OC \sin \varphi_o - \left| \frac{\delta R_x}{\delta\varphi} \right|_0 \cdot OC \cos \varphi_o - \quad (9)$$

$$- R_{y_o} \cdot OC \cos \varphi_o - \left| \frac{\delta R_y}{\delta\varphi} \right|_0 \cdot OC \cos \varphi_o,$$

$$C_2 = - \left| \frac{\delta R_x}{\delta q} \right|_0 \cdot OC \sin \varphi_o - \left| \frac{\delta R_y}{\delta q} \right|_0 \cdot OC \cos \varphi_o. \quad (10)$$

Тогда в формуле, заменив выражения коэффициентами  $C_1$  и  $C_2$ , получаем

$$J \left( \frac{d^2 \varphi}{dq^2} \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 + \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{d^2 q}{dt^2} \right) = C_1 \Delta \varphi + C_2 \Delta q \quad (11)$$

Решая уравнение (11), получим систему

$$\begin{cases} \Delta \varphi = -\frac{C_2 \sqrt{J} q'}{|C_1|^{1.5}} \sin \left( \sqrt{\frac{|C_1|}{J(q')^2}} \Delta q \right) + \frac{C_2}{|C_1|} \Delta q; \text{ при } C_1 < 0 \\ \Delta \varphi = -\frac{C_2 \sqrt{J} q'}{2|C_1|^{1.5}} \left( e^{\sqrt{\frac{|C_1|}{J(q')^2}} \Delta q} - e^{-\sqrt{\frac{|C_1|}{J(q')^2}} \Delta q} \right) - \frac{C_2}{|C_1|} \Delta q; \text{ при } C_1 > 0. \end{cases} \quad (12)$$

Преобразовав уравнение (1), получим

$$h = h_o - \Delta \varphi \sqrt{OC^2 - (h_o - r + H)}, \quad (13)$$

где  $h_o$  – глубина хода сошника в состоянии равновесия.

Усилие сжатия пружины, которое необходимо для заглубления сошника на глубину  $h_o$ , определяем из выражения

$$P_o = P_{np} + OA \cdot \Delta \varphi_o \cdot c, \quad (14)$$

где  $P_{np}$  – усилие предварительного сжатия пружины;

$\Delta \varphi_o$  – начальный угол отклонение поводка.

Тогда, используя формулу (14), определяем максимальный угол отклонения поводка как

$$\Delta \varphi_{\max} = \Delta \varphi + \Delta \varphi_o = \Delta \varphi + \frac{P_o - P_{np}}{OA \cdot c}. \quad (15)$$

**Заключение.** Анализируя представленную систему, можно сделать вывод, что коэффициент  $C_1$  зависит от силы тяжести сошника  $G$  и коэффициента жесткости пружины  $c$ , т. е. для более устойчивого движения сошника необходимо иметь его большую массу и пружину с более высоким коэффициентом жесткости. Также на изменение глубины хода сошника влияют и конструктивные параметры реборды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амеличев, В. В. Обзор отечественных сеялок и посевных агрегатов, применяемых для посева льна / В. В. Амеличев, В. Р. Петровец // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 247-251.
2. Астахов, В. С. Совершенствование пневматических высевальных систем сеялок / В. С. Астахов. – Горки, 2007. – 148 с.

3. Бузенков, Г. М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г. М. Бузенков. – Москва: Машиностроение, 1987. – 272 с.
4. Войтова, А. В. Развитие льноводческой отрасли Республики Беларусь: проблемы и перспективы / А. В. Войтова, В. Н. Босак // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси. – Пинск: ПолесГУ, 2010. – С. 114–116.
5. Габаев, А. Х. Конструктивно-технические решения повышения эффективности работы сеялки в условиях повышенной влажности почв: дис. ... канд. техн. наук / А. Х. Габаев. – Санкт-Петербург, 2017. – 147 с.
6. Евченко, А. В. Повышение качества посева семян зерновых культур пневматической селекционной сеялкой / А. В. Евченко, И. Д. Кобяков // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – № 2. – С. 33–34.
7. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
8. Ленточный посев мелкосемянных культур обоснованием параметров комбинированного сошника / Д. А. Яновский [и др.] // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 13–15.
9. Петровец, В. Р. Оценка энергетической эффективности на выполнение посева льна с применением пневматической сеялки с двухдисковыми сошниками / В. Р. Петровец, В. В. Амеличев, В. М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2022. – № 1. – С. 19–27.
10. Петровец, В. Р. Производственные технологии и техническое обеспечение процессов в сельскохозяйственном производстве / В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2022. – 240 с.
11. Петровец, В. Р. Состояние и перспективы развития возделывания льна в Республике Беларусь / В. Р. Петровец, В. В. Амеличев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 363–365.
12. Петровец, В. Р. Сравнительный анализ посева льна отечественными и зарубежными сеялками и агрегатами / В. Р. Петровец, В. С. Астахов, В. В. Амеличев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2022. – № 1. – С. 250–256.
13. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
14. Сахарова, С. Г. Теоретическая механика. Статика / С. Г. Сахарова, В. П. Зарубин, М. Ю. Колобов. – Иваново, 2013. – 84 с.
15. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
16. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
17. Эффективность использования устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка / А. С. Анищенко [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 54–57.
18. Petrovets, V. R. Seeding grain crops with disc cutters with trimmed-taper furrowers-compactors / V. R. Petrovets, N. I. Dudko, V. V. Amelichev. – Gorki, 2021. – 92 p.

*Аннотация.* Приведено теоретическое исследование устойчивого хода двухдискового сошника. Определено, как влияют силы, которые возникают при работе сошника, на глубину его хода.

*Ключевые слова:* посев, сошник, устойчивость, глубина заделки, система сил.